



**UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Crescimento e sobrevivência de plântulas de campinarana sujeitas à  
seca e inundação: Implicações para Restauração**

**PRISCILA SALOMÃO ELIAS**

**Brasília – DF**

**2019**



**UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Crescimento e sobrevivência de plântulas de campinarana sujeitas à  
seca e inundação: Implicações para Restauração**

**PRISCILA SALOMÃO ELIAS**

Dissertação apresentada à Universidade de Brasília  
– UnB, como requisito do Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção  
do título de Mestre em Ciências Florestais.  
Orientador: Daniel Luis Mascia Vieira.

**Brasília – DF**

**2019**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

“CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE PLÂNTULAS DE CAMPINARANA SUJEITAS À SECA E INUNDAÇÃO: IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO”

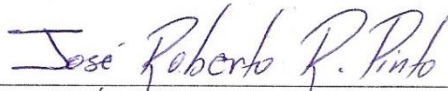
PRISCILA SALOMÃO ELIAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

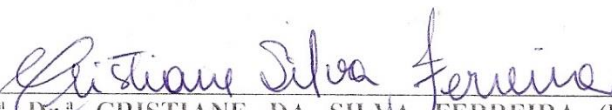
APROVADA POR:



Prof. Dr. DANIEL LUÍS MASCIA VIEIRA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa);  
(Orientador)



Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);  
(Examinador Interno)



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> CRISTIANE DA SILVA FERREIRA (Departamento de Botânica – BOT/UnB);  
(Examinadora Externa)

Prof. Dr. ERAALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB).  
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 31 de maio de 2019.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pelas oportunidades e por me guiar pelos caminhos que vêm me trazendo mais condição e desenvolvimento pessoal. A toda minha família pelo companheirismo e auxílio diante das necessidades. Ao meu pai Romeo Elias pelo apoio durante todos esses anos de estudo, pelos conselhos, por ser uma referência para mim pela sua forma de ser, pela dedicação à família e pelo auxílio em tantos momentos importantes. À minha mãe Terezinha Salomão Elias pela disposição e empenho para me auxiliar, pela dedicação e amor à família, pelos aprendizados, por me acompanhar se fazendo presente em momentos importantes e pelas considerações a respeito do texto. Ao meu irmão Luciano Salomão Elias pelo auxílio na edição de imagens e na montagem da apresentação, pela disposição para me auxiliar no que eu precisei, por ser um amigo com quem tantas vezes eu posso contar e a quem eu espero poder retribuir.

Ao orientador Daniel Luis Mascia Vieira pela disposição, paciência e atenção. Agradeço por todo apoio e incentivo à pesquisa, pela orientação na construção deste estudo, por todos os aprendizados ao longo destes dois anos e contribuições para o meu desenvolvimento em diversos aspectos.

À pesquisadora Dulce Alves da Silva por disponibilizar o laboratório de sementes para o estudo da germinação, pelos esclarecimentos a respeito da pesquisa, pela boa vontade e disponibilidade para me auxiliar diante de todas as dúvidas e necessidades que tive.

Ao Gustavo Mariano Rezende pelo auxílio com a coleta das sementes, por ter me ajudado no planejamento e desenvolvimento da pesquisa no laboratório e na casa de vegetação durante meses e pela disposição para me auxiliar.

Aos professores do Departamento de Botânica Augusto César Franco e Cristiane da Silva Ferreira pelos aprendizados durante a disciplina ministrada, por terem me disponibilizado o uso de alguns equipamentos e pela disposição para esclarecer as dúvidas que tive e propor ideias para a pesquisa.

Aos funcionários da Embrapa Cenargen que me ajudaram com os trabalhos no laboratório e na casa de vegetação. Ao Leandro pelas boas conversas e boa vontade para me auxiliar diante de necessidades que surgiram na casa de vegetação.

À Universidade de Brasília, ao Departamento de Engenharia Florestal e à Embrapa Cenargen pela estrutura e apoio para a realização da pesquisa. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Aos meus amigos pela atenção, pelo incentivo e apoio.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>3. HIPÓTESE</b> .....	3
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
<b>4.1. Características de áreas alagáveis da Amazônia</b> .....	5
<b>4.2. Germinação de sementes em condições alagadas</b> .....	7
<b>4.3. Susceptibilidade de espécies ao estresse hídrico na fase de plântula</b> .....	9
<b>4.4. Influência da seca e da inundação na sobrevivência e no crescimento de plantas</b> .....	9
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	10
<b>5.1. Área de estudo</b> .....	10
<b>5.2. Espécies estudadas</b> .....	11
<b>5.3. Coleta e beneficiamento das sementes</b> .....	14
<b>5.4. Experimentos de germinação</b> .....	15
<b>5.5. Experimentos de inundação e escassez hídrica do solo em plântulas</b> .....	17
<b>5.5.1. Censos e medidas</b> .....	18
<b>5.6. Análise de dados</b> .....	20
<b>6. RESULTADOS</b> .....	21
<b>6.1. Experimentos de germinação</b> .....	21
<b>6.2. Experimentos de inundação e escassez hídrica do solo em plântulas</b> .....	23
<b>6.2.1. Sobrevivência e caracterização do estágio de murchamento</b> .....	23
<b>6.2.2. Crescimento em altura e biomassa total</b> .....	26
<b>6.2.3. Morfologia de plântulas e biomassa parcial</b> .....	28

<b>7. DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>7.1. Germinação em coluna d'água.....</b>	<b>30</b>
<b>7.2. Respostas das plântulas aos regimes hídricos .....</b>	<b>30</b>
<b>7.3. Fenologia da germinação e estabelecimento de plântulas.....</b>	<b>32</b>
<b>7.4. Futuras pesquisas e implicações para a restauração.....</b>	<b>33</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Espécies arbóreas com suas respectivas famílias, nomes populares, grupos sucessionais, habitats, síndromes de dispersão, épocas de dispersão, tipos de dormência (ND = Não Dormente), valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de massa fresca, massa seca, teor de umidade, comprimento, largura e espessura das sementes..... 12
- Tabela 2.** Descrição das categorias utilizadas nas avaliações visuais de murchamento. Fonte: Adaptado de Engelbrecht et al. (2007)..... 19
- Tabela 3.** Resultados da ANOVA para os principais efeitos e suas interações para as variáveis resposta sobrevivência, altura, biomassa total, biomassa de raízes, de caule e de folhas em plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa*. GL: Graus de liberdade. Para a variável sobrevivência em *H. sucuuba* só foi possível analisar o efeito dos tratamentos. Os dados de altura e biomassa total para *H. sucuuba* e *H. corymbosa* foram submetidos à transformação logarítmica. .... 25
- Tabela 4.** Porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de plântulas de *Himatanthus sucuuba* e *Hydrochorea corymbosa* que desenvolveram respostas morfológicas (hipertrofia de lenticelas e raízes adventícias) ao longo de 180 dias, submetidas a diferentes tratamentos: UmUm - úmido seguido por úmido; UmIn - úmido seguido por inundação; UmSe - úmido seguido por seca; InUm - inundação seguido por úmido. Na mesma coluna: médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). .... 28

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Número médio de dias de chuva e precipitação média mensal no distrito de Jaci-Paraná - Rondônia, no período de 2003 a 2011; profundidade do lençol freático em metros em duas áreas de campinarana no município de Porto Velho - Rondônia, no período de junho de 2012 a maio de 2013; e os tratamentos (UmUm, UmIn, UmSe, InUm) utilizados para simular a germinação de sementes ou o plantio de mudas em campo em diferentes épocas do ano. UmUm: Úmido seguido por úmido; plantio de mudas com três meses no início da estação chuvosa ou no final da estação chuvosa. UmIn: Úmido seguido por inundação; germinação no início da estação chuvosa ou plantio de mudas no meio da estação chuvosa. UmSe: Úmido seguido por seca; germinação no final da estação chuvosa ou plantio de mudas no início da estação seca. InUm: Inundação seguido por úmido; germinação no meio da estação chuvosa. Linha tracejada: Regime hídrico não simula as condições de campo. Cf: Campinarana florestada; Ca: Campinarana arborizada. Organização: Priscila Salomão Elias / Fontes: ANA (2018) e adaptado de Perigolo (2014). ..... 4
- Figura 2.** Sementes utilizadas nos experimentos com seus respectivos frutos. A e B: *Himatanthus sucuuba*. C e D: *Hydrochorea corymbosa*. E e F: *Muntingia calabura*. G e H: *Ruizterania retusa*. I e J: *Vochysia haenkeana*. A dimensão dos quadrados corresponde a 1cm<sup>2</sup>. Fontes: (B) Atrium Biodiversity Information System. Autoria: A. P. Maceda. (F) Base de dados equipe de flora da Embrapa CENARGEN. .... 13
- Figura 3.** Localização das áreas de coleta de sementes de cada espécie na bacia do Rio Madeira, no município de Porto Velho, Rondônia (RO). Sistema de coordenadas UTM. Datum SIRGAS 2000. Elaboração: Priscila Salomão Elias. .... 14
- Figura 4.** Sementes germinadas no papel milimetrado e na água. A: *Himatanthus sucuuba*. B: *Hydrochorea corymbosa*. C: *Ruizterania retusa*. D: *Vochysia haenkeana*. E: Plântulas de *Muntingia calabura* vistas no microscópio. F: Plântulas de *M. calabura* vistas a olho nu. A medida entre os traços da régua corresponde a 1 mm. .... 16
- Figura 5.** Plântulas antes de serem submetidas aos tratamentos emergidas entre 1 e 10 dias. A: *Himatanthus sucuuba*. B: *Hydrochorea corymbosa*. C: *Ruizterania retusa*..... 19



**Figura 6.** Porcentagem de germinação acumulada ao longo do período de germinação de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa*, *Muntingia calabura*, *Ruizterania retusa* e *Vochysia haenkeana* submetidas aos tratamentos controle e coluna d'água. Dados expressos em termos de média  $\pm$  erro padrão. Os pontos no gráfico de *H. corymbosa* indicam a germinação após a quebra de dormência das sementes. O asterisco indica diferença significativa entre os tratamentos de acordo com o teste t ( $p \leq 0,05$ ). ..... 22

**Figura 7.** Porcentagem de sobrevivência, altura média e biomassa total das plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa* ao longo dos 180 dias de experimento sob diferentes tratamentos: UmUm - úmido seguido por úmido; UmIn - úmido seguido por inundação; UmSe - úmido seguido por seca; InUm - inundação seguido por úmido. Dados expressos em termos de média  $\pm$  erro padrão. Os gráficos de altura e biomassa para *R. retusa* são os únicos nos quais o eixo y está representado em escala menor com relação as outras espécies, em função dos valores médio para estas variáveis serem consideravelmente menores. Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos em cada tempo investigado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos, quando não há interação tempo  $\times$  tratamento, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). ..... 24

**Figura 8.** Plântulas com sinais de estresse por seca. A: Plântula de *Himatanthus sucuuba* com necrose foliar. B: Plântula morta de *Hydrochorea corymbosa*. C: Plântula de *H. corymbosa* com necrose foliar. .... 26

**Figura 9.** Plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa* ao final de 180 dias de experimento após terem sido submetidas a diferentes tratamentos: A - úmido seguido por úmido (UmUm); B - úmido seguido por inundação (UmIn); C - úmido seguido por seca (UmSe); D - inundação seguido por úmido (InUm). A régua possui 50 cm e a dimensão dos quadrados azuis corresponde a 1 cm<sup>2</sup>. ..... 27

**Figura 10.** Desenvolvimento de estruturas morfológicas em plântulas das espécies estudadas. Hipertrofia de lenticelas em (A) *Himatanthus sucuuba* e (B) *Hydrochorea corymbosa*. Raízes adventícias em (C) *H. sucuuba* e (D) *H. corymbosa*. ..... 29

## RESUMO

As campinaranas são ecossistemas amazônicos sujeitos à seca e inundação sazonais, com alta relevância ecológica, endemismo e ameaça antrópica. Porém, não há estudos a respeito da restauração ecológica dessas vegetações. Devido ao estresse hídrico anual, o estabelecimento de plântulas em áreas de campinarana degradadas representa um grande desafio. O objetivo deste estudo foi avaliar germinação, sobrevivência e crescimento de plântulas de árvores típicas de áreas alagáveis em condições de seca e inundação, simulando diferentes épocas de plantio em campinaranas. A germinação de sementes de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa*, *Muntingia calabura*, *Ruizterania retusa* e *Vochysia haenkeana* foi avaliada na água e em condições úmidas. Em casa de vegetação, plântulas de *H. sucuuba*, *H. corymbosa* e *R. retusa* foram submetidas aos tratamentos úmido seguido por úmido (UmUm), úmido seguido por inundação (UmIn), úmido seguido por seca (UmSe) e inundação seguido por úmido (InUm), com duração de 90 dias para cada regime hídrico. Foram avaliados sobrevivência, biomassa, altura, estágios de murchamento e formação de estruturas morfológicas em plântulas. Apenas *V. haenkeana* teve menor germinação na água (8%) do que no tratamento controle (53%). A sobrevivência de plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* foi maior que 80% em todos os tratamentos. Porém, plântulas de *H. sucuuba* tiveram maior crescimento quando não foram expostas à inundação ou à seca (UmUm). O crescimento de plântulas de *H. corymbosa* não diferiu entre os tratamentos UmUm, UmSe e InUm. A sobrevivência de *R. retusa* foi significativamente maior nos tratamentos UmUm e InUm (50%) do que em UmIn e UmSe (20%). Plântulas de *R. retusa* tiveram maior crescimento quando inundadas nos primeiros 90 dias (InUm). Plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* tiveram baixo crescimento até os 90 dias, mantendo-se resistentes à inundação, enquanto plântulas mais velhas foram mais susceptíveis ao estresse hídrico, tendo maior crescimento no regime úmido. As respostas diversas entre as três espécies sugerem que há diferentes estratégias das espécies de campinaranas para garantir o estabelecimento de plântulas e que manejar a época de plantio poderia favorecer o seu estabelecimento.

**Palavras chave:** restauração ecológica; germinação; época de plantio; mudas; sementes; áreas alagáveis.

Growth and survival of campinarana seedlings subject to drought and flooding:  
Implications for restoration

**ABSTRACT**

Campinaranas are Amazonian ecosystems that undergo seasonal drought and flooding, and is of high ecological relevance, endemism and anthropic threat. However, there are no studies on the ecological restoration of this system. Seedling establishment in degraded sites is a great challenge due to the annual water stress. The objective of this study was to evaluate germination, survival and growth of seedlings of tree species common in flood areas under drought and flooding conditions, simulating different timing of planting in Campinaranas. Germination of *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* and *Ruizterania retusa* were evaluated in water and in humid conditions. Seedlings of *H. sucuuba*, *H. corymbosa* and *R. retusa* underwent the following treatments in a greenhouse environment: moist followed by moist (MoMo), moist followed by flooding (MoFl), moist followed by drought (MoDr) and flooding followed by moist (FIMo), with a 90-day period for each water regime. Seedling survival, biomass, height, wilting stages and development of morphological structures were evaluated. Only *V. haenkeana* had lower germination in water (8%) than in the control treatment (53%). Seedling survival of *H. sucuuba* and *H. corymbosa* was higher than 80% in all treatments. However, *H. sucuuba* seedlings had higher growth when not exposed to flooding or drought conditions (MoMo). Seedling growth of *H. corymbosa* did not differ among treatments MoMo, MoDr and FIMo. Seedling survival of *R. retusa* was significantly higher in MoMo and FIMo treatments (50%) than in MoFl and MoDr (20%). *Ruizterania retusa* seedlings had higher growth when flooded for the first 90 days (FIMo). *Himatanthus sucuuba* and *H. corymbosa* seedlings had low growth up to 90 days, remaining resistant to flooding, while older seedlings were more susceptible to water stress, and had higher growth under moist conditions. The different responses observed among the three species suggest that Campinarana species have different strategies to ensure seedling establishment, and that timing of planting could be managed to improve seedling establishment.

**Key words:** ecological restoration; germination; timing of planting; nursery seedling; seed; wetland.

## 1. INTRODUÇÃO

As campinaranas abrangem 5% do bioma Amazônia e são ecossistemas importantes para a biodiversidade e a heterogeneidade de habitats neste bioma (Adeney et al., 2016). Por causa de sua ocorrência naturalmente fragmentada e circundada por outros habitats, sua ampla distribuição geográfica e suas comunidades especializadas, as campinaranas contribuem para a diversidade beta em toda bacia Amazônica (Adeney et al., 2016).

As campinaranas apresentam desde fisionomias campestres até florestais, ecológica e floristicamente únicas, com espécies adaptadas aos solos ácidos e de baixa fertilidade, e às condições hidrológicas de cada local, o que resulta em alta diversidade de comunidades e habitats (Daly et al., 2016). As campinaranas estão sujeitas à inundação durante a estação chuvosa pela elevação do lençol freático e à escassez hídrica durante a estação seca (Junk et al., 2011), porém os pulsos de inundação podem variar consideravelmente entre áreas, em amplitude e duração (Junk et al., 2014a, 2011).

As campinaranas têm sido ameaçadas pela exploração madeireira (Higuchi e Higuchi, 2012), extração de areia para construção civil (Anderson, 1981; Ferreira et al., 2013), ocorrência de incêndios (Adeney et al., 2016) e construção de hidrelétricas que aumentam a inundação dos rios e diminuem a profundidade do lençol freático (Junk et al., 2014a; Moser, 2018). As campinaranas são um dos ecossistemas amazônicos mais frágeis a danos antrópicos (Daly et al., 2016); uma vez degradadas, a sucessão secundária pode ser muito lenta (Anderson, 1981; Prance e Schubart, 1978). Como solos de campinarana têm baixa fertilidade, a ciclagem de nutrientes é fundamental para a manutenção da vegetação (Anderson, 1981) e se a vegetação é removida, os nutrientes lixiviam rapidamente (Fine et al., 2010). Incêndios frequentes têm efeitos profundos na estrutura da vegetação e na composição de espécies em campinaranas (Adeney et al., 2016), podendo causar perdas de nutrientes e com isso prejudicar o crescimento de plantas e a ocorrência da regeneração natural (Anderson, 1981).

Devido ao grau de isolamento entre os fragmentos de campinarana (Prance e Schubart, 1978) e à existência de muitas espécies endêmicas (Ferreira, 2009; Fine et al., 2010), a regeneração natural e o aumento da diversidade biológica são dependentes da chegada de espécies de campinarana por dispersão através da floresta (Prance e Schubart, 1978). Assim, a regeneração natural em campinaranas depende da distância entre os fragmentos de vegetação, da mobilidade das espécies, do transporte de diásporos a longa distância e do banco de sementes nos solos (Junk et al., 2011). Neste caso, a degradação

de grandes áreas de campinarana reduz a probabilidade de dispersão de sementes a partir de locais não perturbados, sendo uma barreira para a ocorrência da regeneração natural (Anderson, 1981).

As campinaranas ocorrem na maioria das vezes sobre solos de areia branca, sendo por isso denominadas de forma mais ampla como “vegetações de areia branca” (Adeney et al., 2016). No entanto, ecossistemas similares são encontrados em outros tipos de solos com baixa disponibilidade de nutrientes em toda a Amazônia, como solos de argila branca ou turfa (Adeney et al., 2016). Na Amazônia ocidental, foram encontradas em áreas de turfa espécies de plantas típicas de campinaranas (Lähteenoja et al., 2009), além de espécies únicas que tinham sido observadas somente sobre solos de areia branca (Kristiansen et al., 2011; Roucoux et al., 2013; Ruokolainen et al., 2001). As similaridades entre os ambientes levaram Adeney et al. (2016) a considerar vegetações em solos de turfa na Amazônia como novos tipos de “vegetações de areia branca”. Vegetações em áreas de turfa na Amazônia apresentam características estruturais e fisionômicas semelhantes às campinaranas amazônicas e às turfeiras do sudoeste asiático (Draper et al., 2014; Lähteenoja et al., 2009).

Não foram encontrados estudos a respeito da restauração ecológica de campinaranas. Um dos ecossistemas mais similares onde há estudos de restauração são as florestas de turfeira tropical em Kalimantan, Indonésia, no sudoeste asiático. As áreas degradadas são pobres em nutrientes, susceptíveis a incêndios, passam por mudanças extremas de temperatura diurna e estão sujeitas a extrema flutuação anual do lençol freático (Lampela et al., 2018). Fatores importantes para o desenvolvimento de mudas plantadas incluem flutuação do lençol freático, pois tanto a inundação como a seca podem aumentar a mortalidade de mudas, samambaias agressivas e baixa fertilidade (Lampela et al., 2018). Dependendo da espécie e dos recursos disponíveis, a roçagem para o controle de plantas competidoras e a fertilização do solo podem ser práticas recomendadas para melhorar o desempenho de mudas plantadas para restauração destas áreas. A construção de murunduns artificiais com solo em sacos de ráfia para evitar a inundação não foi efetiva, possivelmente porque a terra secou muito nos sacos (Lampela et al., 2018). Porém, há estudos que descrevem o sucesso da criação de montes similares a murunduns em áreas que encharcam (revisão em Löf et al., 2012).

O conhecimento de espécies arbóreas adaptadas às condições ambientais locais, especialmente à hidrologia específica de cada local, é fator chave para o sucesso da restauração ecológica de áreas inundáveis (Krzywicka et al., 2017; Stanturf et al., 2004)

e é essencial para a viabilidade ecológica e econômica de projetos de reflorestamento (Roquemore et al., 2014). Nas regiões tropicais, plantios de reflorestamento, inclusive em áreas alagáveis, são geralmente realizados nos primeiros meses da estação chuvosa com o uso de mudas de espécies arbóreas ou em alguns casos de sementes (Campos-Filho et al., 2013; Lampela et al., 2018, 2017; Rezende, 2016). Porém, não foram encontrados estudos de plantios realizados a partir de mudas ou sementes em diferentes momentos ao longo da estação chuvosa, o que pode ampliar a compreensão das respostas das plantas em estágios iniciais de desenvolvimento à variabilidade hidrológica específica de cada local, auxiliando assim na avaliação da melhor época e forma de plantio para cada espécie.

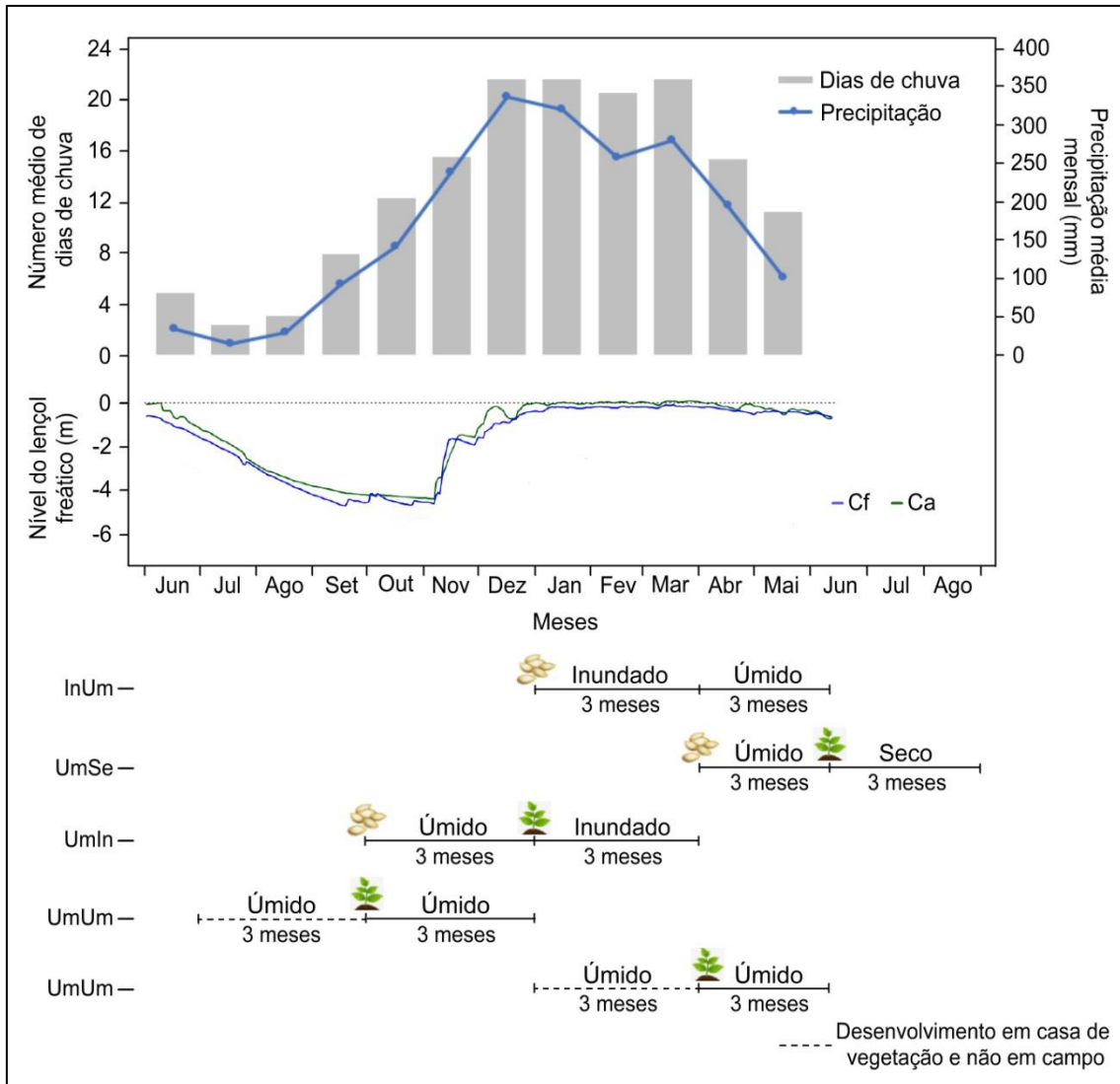
## **2. OBJETIVOS**

Avaliar espécies amazônicas de áreas alagáveis quanto à germinação em condições alagadas e quanto ao crescimento e à sobrevivência de plântulas em condições de seca e inundação encontradas em campinaranas. Busquei responder a seguinte pergunta: em campinaranas o plantio de sementes ou de mudas em épocas do ano distintas alteram as chances de estabelecimento de plântulas? Respondendo a esta pergunta experimentos de campo para restauração podem ser planejados.

## **3. HIPÓTESES**

Considerando a precipitação média mensal e o nível do lençol freático em duas áreas de campinarana às margens do rio Madeira (Figura 1) foram formuladas as seguintes hipóteses: (i) Plântulas submetidas a períodos de seca ou de inundação têm menor sobrevivência e/ou crescimento do que plântulas submetidas apenas a condição úmida, pois a seca e a inundação podem prejudicar processos metabólicos e fisiológicos, restringindo o crescimento e causando a mortalidade de plantas (Taiz e Zeiger, 2009). Com isso, o plantio em campo poderia ser realizado a partir de mudas no início (outubro) da estação chuvosa ou no final (abril) desta estação, logo após o período de inundação, para evitar que as plântulas passem por período de seca ou de inundação durante os seus primeiros seis meses de vida. (ii) Plântulas mais jovens de áreas alagáveis são mais susceptíveis ao estresse hídrico quando inundadas do que plântulas mais velhas, pois podem ser mais sensíveis à lesão por inundação e apresentar maior mortalidade (Jones e Sharitz, 1998; Kozlowski, 1997). Assim, outra possibilidade seria realizar a semeadura

logo no início da estação chuvosa (outubro) para que as plântulas sejam inundadas somente a partir de aproximadamente três meses de vida.



**Figura 1.** Número médio de dias de chuva e precipitação média mensal no distrito de Jaci-Paraná - Rondonia, no período de 2003 a 2011; profundidade do lençol freático em metros em duas áreas de campinarana no município de Porto Velho - Rondonia, no período de junho de 2012 a maio de 2013; e os tratamentos (UmUm, UmIn, UmSe, InUm) utilizados para simular a germinação de sementes ou o plantio de mudas em campo em diferentes épocas do ano. UmUm: Úmido seguido por úmido; plantio de mudas com três meses no início da estação chuvosa ou no final da estação chuvosa. UmIn: Úmido seguido por inundação; germinação no início da estação chuvosa ou plantio de mudas no meio da estação chuvosa. UmSe: Úmido seguido por seca; germinação no final da estação chuvosa ou plantio de mudas no início da estação seca. InUm: Inundação seguido por úmido; germinação no meio da estação chuvosa. Linha tracejada: Regime hídrico não simula as condições de campo. Cf: Campinarana florestada; Ca: Campinarana arborizada. Organização: Priscila Salomão Elias / Fontes: ANA (2018) e adaptado de Perigolo (2014).

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Características de áreas alagáveis da Amazônia**

Cerca de 20% do território brasileiro e 30% da área total da bacia amazônica são ocupados por ampla variedade de tipos de áreas úmidas (Junk et al., 2014a, 2011). As áreas úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica (Junk et al., 2014b). Portanto, esses ecossistemas podem apresentar colunas de água relativamente estáveis ou oscilações no nível da água, como as áreas alagáveis (Junk et al., 2011).

Os ecossistemas alagáveis na Amazônia abrigam alta diversidade de espécies vegetais, muitas delas endêmicas (Ferreira, 2009; Montero et al., 2012; Prance e Schubart, 1978; Wittmann et al., 2010, 2006), e promovem a proteção e a manutenção da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos (Kumar et al., 2010; Salemi et al., 2011; Tomer et al., 2008). A conservação da vegetação destas áreas contribui para o aumento da infiltração de água no solo, a recarga de aquíferos, a diminuição do escoamento superficial, o controle da erosão, a retenção de sedimentos e o controle de grandes picos de vazão durante o período chuvoso, resultando na regulação do ciclo hidrológico regional (Junk et al., 1989; Kumar et al., 2010; Meyfroidt e Lambin, 2011; Pires et al., 2009; Salemi et al., 2011; Tomer et al., 2008). Estes ecossistemas também fornecem água, alimentos e outros recursos para comunidades locais (Junk et al., 2014a). No entanto, as áreas úmidas estão em crescente pressão devido à exploração inadequada de seus recursos e às mudanças de uso da terra (Junk et al., 2014a). Ecossistemas alagáveis na Amazônia estão sendo convertidos em áreas de agricultura (Andrade et al., 2008; Mertes et al., 1995), pastagens para gado (Sheikh et al., 2006) e extração madeireira (Gama et al., 2003; Higuchi e Higuchi, 2012). Assim, devido à sua grande importância e ao seu alto grau de ameaça, os ecossistemas alagáveis são áreas prioritárias para conservação e restauração ecológica (MMA, 2007).

Na bacia amazônica, a combinação de relevos baixos e altas precipitações anuais distribuídas sazonalmente proporcionam vasta extensão de áreas alagáveis (Piedade et al., 2012). As áreas úmidas sujeitas a oscilações nos níveis das águas podem variar de acordo com a previsibilidade, duração, frequência e amplitude dos pulsos de inundação (Junk et al., 2011). Pulsos de inundação previsíveis podem favorecer o desenvolvimento de adaptações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e fenológicas que permitem que



diversas espécies de plantas tolerem condições de seca e alagamento ao longo do ano (Junk, 1989). Características do pulso de inundação, como duração e amplitude, influenciam a distribuição, composição de espécies e estrutura de comunidades nos ecossistemas alagáveis (Junk, 1989; Wittmann et al., 2002).

Os tamanhos precisos dos principais tipos de áreas alagáveis na Amazônia ainda não são conhecidos, principalmente por haver transição gradual entre os ecossistemas na região. No entanto, é estimado que as planícies de inundação ocorram em superfície superior a 400.000 km<sup>2</sup> (Junk et al., 2011; Melack e Hess, 2010) e as vegetações como as campinaranas em área maior do que 335.000 km<sup>2</sup> (Adeney et al., 2016).

As planícies de inundação de grandes rios estão sujeitas a pulsos previsíveis, monomodais, de longa duração e com altas amplitudes (Junk et al., 2011). Estas planícies são inundadas pelo transbordamento lateral dos grandes rios e os pulsos de inundação são parte do ciclo de estações úmidas e secas em escala regional e até continental (Junk et al., 2014a). As planícies de inundação podem ser classificadas em várzeas ou igapós de acordo com a cor e as características físico-químicas das águas dos rios a elas associados (Junk et al., 2011).

As campinaranas, também conhecidas como campinas ou caatingas amazônicas, são vegetações que ocorrem sobre solos predominantemente arenosos e muitas vezes hidromórficos, com baixos níveis de nutrientes e alta acidez (Anderson, 1981; Lisbôa, 1975; Pires e Prance, 1985). Na região do alto rio Negro, as campinaranas cobrem extensas áreas, porém, geralmente aparecem em forma de pequenas ilhas, formando manchas dispersas no interior da floresta e conferindo heterogeneidade à paisagem (Anderson et al., 1975; Braga, 1979; Prance, 1996). As campinaranas, em comparação com as matas de terra firme que as circundam, apresentam geralmente diversidade de espécies relativamente baixa, alto endemismo, vegetação de porte mais baixo e penetração de luz relativamente alta (Anderson, 1981; Anderson et al., 1975; Lisbôa, 1975). Em diferentes tipos de campinaranas há dominância de uma ou poucas espécies, embora estas possam variar de um local para outro (Anderson et al., 1975). As campinaranas possuem grande variedade de habitats e comunidades refletidas em suas diferentes fisionomias que podem variar de florestal a campestre (Anderson, 1981; Perigolo, 2014; Pires e Prance, 1985).

Em campinaranas podem ocorrer pulsos de inundação previsíveis, de longa duração, monomodais e com baixas amplitudes (Junk et al., 2011). Áreas de campinarana estão sujeitas a inundações durante a estação chuvosa pela elevação do lençol freático,

podendo apresentar solos saturados ou colunas de água rasas com até mais de um metro de profundidade, e estão ainda sujeitas a fortes secas durante o período seco, quando ocorre o rebaixamento do nível do lençol freático (Adeney, 2009; Junk et al., 2014a, 2011).

Em estudo de dispersão de sementes em campinarana foi verificado que cerca de 74% das espécies estudadas são dispersas por animais, principalmente aves, 14% apresentam dispersão anemocórica, 6% autocórica e 6% barocórica (Macedo, 1977). Em área de campinarana venezuelana, 77% das espécies investigadas são zoocóricas, 2% anemocóricas e 19% são dispersas pela explosão de suas cápsulas lenhosas, sendo que três dessas espécies possuem sementes flutuantes, que são possivelmente também dispersas pela água (Coomes e Grubb, 1996). Coomes e Grubb (1996) observaram forte sazonalidade na floração e frutificação de espécies de campinarana, pois a dispersão das sementes de 25 espécies arbóreas, dentre 27 classificadas quanto a época de dispersão, ocorreu durante a estação seca, principalmente ao final desta estação.

#### **4.2. Germinação de sementes em condições alagadas**

Há necessidade crescente de conhecimentos práticos a respeito da germinação de sementes para o manejo florestal e a restauração de ecossistemas inundáveis. Dados a respeito da germinação para a produção de mudas visando a restauração ecológica são escassos para a maioria das espécies arbóreas de planícies de inundação da Amazônia (Lucas et al., 2012). A flutuação ou a submersão em água pode diminuir as porcentagens de germinação de algumas espécies arbóreas de planícies inundáveis, aumentar as de outras, ou não ter efeito significativo na germinação (Conserva, 2006; Melo et al., 2015; Oliveira-Wittmann et al., 2007; Parolin et al., 2003).

Muitos tipos de diásporos possuem adaptações que aumentam sua capacidade de flutuar na água. Assim, após serem dispersos na água, os diásporos ficam sujeitos a períodos variados de flutuabilidade ou submersão (Kubitzki e Ziburski, 1994; Lopez, 2001). Apesar da grande diversidade de estratégias entre espécies, em geral, duas principais estratégias de germinação podem ser observadas em árvores de planícies de inundação da Amazônia que liberam suas sementes durante o período da cheia. Primeiro espécies com sementes flutuantes geralmente tendem a germinar mais rapidamente após o contato dos diásporos com a água, podendo se estabelecer quando as sementes germinadas entram em contato com substratos não inundados; e segundo espécies com sementes que submergem ao serem dispersas na água geralmente passam por períodos

mais longos de dormência e germinam logo após o recuo das águas da inundação e reaparecimento do solo da floresta (Oliveira-Wittmann et al., 2010).

Quando submersas, sementes podem permanecer viáveis nas florestas inundadas por vários meses (Kubitzki e Ziburski, 1994). Devido às baixas taxas de difusão do oxigênio na água (Armstrong et al., 1994), a submersão impede o suprimento adequado de oxigênio para a ativação de processos necessários para a germinação da maioria das espécies (Kozłowski e Pallardy, 1997; Oliveira-Wittmann et al., 2010). Sementes que afundam e não perdem a viabilidade após a submersão a longo prazo, muitas vezes têm dormência imposta pelo revestimento duro e impermeável da semente, que pode ser uma barreira para a embebição de água e/ou absorção de oxigênio (Kozłowski e Pallardy, 1997; Scarano, 1998).

Apesar da dormência de sementes durante períodos variados ser comum em muitas espécies de planícies inundáveis (Oliveira-Wittmann et al., 2010; Scarano, 1998), as sementes da maioria das espécies arbóreas de florestas tropicais tem pouca ou nenhuma dormência (Kozłowski e Pallardy, 1997). Sementes de espécies pioneiras de planícies de inundação, como *Vitex cymosa* Bertero ex Spreng., *Cecropia latiloba* Miq. e *C. membranacea* Trécul. possuem viabilidade mais curta e não apresentam dormência pronunciada (Kubitzki e Ziburski, 1994). A rápida germinação de sementes é uma estratégia que pode favorecer o rápido estabelecimento de plântulas de algumas espécies (Oliveira-Wittmann et al., 2007).

Ao serem dispersas na água, sementes flutuantes permanecem também parcialmente em contato com o ar. Além da água e da disponibilidade de oxigênio, a luz é um dos fatores que mais influenciam no início da germinação. Portanto, sementes flutuantes têm muitas vezes as condições básicas para iniciar a germinação (Oliveira-Wittmann et al., 2010). Assim, sementes de espécies de planícies inundáveis são capazes de germinar enquanto ainda estão flutuando ou até mesmo submersas (Conserva, 2006; Ferreira et al., 2007; Parolin, 2001a; Parolin e Junk, 2002; Scarano et al., 2003). Há espécies capazes de produzir plântulas na água (Ferreira et al., 2006, 2007; Lobo e Joly, 1998; Melo et al., 2015; Oliveira-Wittmann et al., 2007). A capacidade de iniciar a germinação ou mesmo desenvolver plântulas na água pode trazer vantagens competitivas para algumas espécies em locais onde a inundação é rasa e de curta duração, favorecendo o rápido estabelecimento das plântulas (Parolin, 2009; Parolin e Junk, 2002).

### **4.3. Susceptibilidade de espécies ao estresse hídrico na fase de plântula**

Espécies consideradas tolerantes à inundação podem, quando se encontram no estágio de plântula, serem sensíveis ou tolerantes a condições de inundação (Scarano et al., 1997; Scarano e Crawford, 1992). Plantas tolerante   inundação no estágio adulto podem ser incapazes de se estabelecerem em área úmida devido à intolerância de suas sementes e/ou plântulas ao alagamento, ou devido ainda a variações relacionadas a dispersão de sementes (Scarano, 1998; Scarano e Crawford, 1992). Assim, para muitas espécies, os efeitos da seca e da inundação são muito importantes para a sobrevivência e o crescimento dos indivíduos, principalmente durante a fase de estabelecimento das plântulas (Parolin et al., 2010).

### **4.4. Influência da seca e da inundação na sobrevivência e no crescimento de plantas**

A fase não inundada é o principal período de crescimento vegetativo para a maioria das espécies de planícies de inundação da Amazônia (Parolin, 2000; Sch ngart et al., 2002). A atividade cambial das árvores de planícies inundáveis na Amazônia é menor durante a fase inundada do que durante o período não inundado, o que resulta na redução periódica de crescimento em diâmetro para a maioria das espécies que habitam estes ambientes (Dezzeb et al., 2003; Sch ngart et al., 2002; Worbes, 1997). A inundação pode ainda induzir o fechamento dos estômatos (Gonç lves et al., 2013; Kozlowski, 1984) e reduzir a absorção de CO<sub>2</sub> (Gonç lves et al., 2013; Parolin, 2000). As condições hipóxicas ou anóxicas causadas pela inundação do solo resultam na redução da taxa de respiração e do metabolismo de r izes (Kozlowski, 1997; Worbes, 1997) e na troca da respiração aeróbica para o metabolismo anaeróbico, o que reduz o rendimento de energia, podendo prejudicar processos metabólicos e fisiológicos e com isso restringir o crescimento de plantas (Gibbs e Greenway, 2003; Taiz e Zeiger, 2009). Além disso, a inundação pode diminuir a absorção e o transporte de nutrientes para tecidos em desenvolvimento e expansão (Pezeshki et al., 2008; Taiz e Zeiger, 2009).

No entanto, a fase inundada não   período de descanso absoluto e a redução do crescimento e da atividade metabólica geralmente não dura todo o período de alagamento (Parolin, 2000; Sch ngart et al., 2002). Para muitas espécies, a produção de novas folhas começa antes do término da inundação ou ocorre continuamente ao longo do período inundado (Parolin, 2001b, 2001a, 2000; Sch ngart et al., 2002). Há espécies que apresentam um aumento na assimilação de CO<sub>2</sub> fotossintético e no incremento em diâmetro antes do final da inundação (Parolin, 2000; Sch ngart et al., 2002).

A variedade de mecanismos para tolerar ou evitar o estresse hídrico e as interações de adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e fenológicas conduzem a diferentes estratégias de sobrevivência, crescimento e estabelecimento das espécies em áreas sujeitas a secas e inundações (Parolin et al., 2010, 2004; Parolin e Wittmann, 2010). Há espécies que são capazes de desenvolver raízes adventícias e hipertrofia de lenticelas no caule, que são adaptações morfológicas à inundação que facilitam a entrada de oxigênio nos tecidos aéreos das plantas e favorecem o seu transporte para o sistema radicular (Haase et al., 2003).

Algumas respostas fenológicas e de crescimento podem ser similares em árvores submetidas à seca ou à inundação (Schöngart et al., 2002). Tanto a baixa disponibilidade de água no solo quanto o decréscimo da permeabilidade de raízes à água quando o solo está saturado podem causar um déficit hídrico na parte aérea da planta (Taiz e Zeiger, 2009) e uma diminuição da área foliar superficial pela queda de folhas ou redução da produção de novas folhas, evitando assim a perda de água por transpiração durante períodos de seca ou inundação (Engelbrecht e Kursar, 2003; Parolin, 2001b, 2000; Parolin et al., 2010; Reich e Borchert, 1982; Schöngart et al., 2002). O declínio da umidade do solo durante a estação seca pode, assim como o alagamento, causar diminuição do crescimento em diâmetro de espécies arbóreas (Reich e Borchert, 1982; Schöngart et al., 2002) e da assimilação fotossintética (Armbrüster et al., 2004).

Apesar da disponibilidade de água no solo e da sensibilidade de espécies à seca influenciarem diretamente os padrões de distribuição de espécies em florestas tropicais (Engelbrecht et al., 2007a), estudos a respeito da influência de períodos secos em espécies arbóreas de áreas alagáveis ainda são escassos, porém muito importantes para a regeneração, a restauração e o manejo florestal destas áreas (Engelbrecht e Kursar, 2003; Parolin et al., 2010).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Área de estudo**

A área de estudo está situada na bacia do rio Madeira, sudoeste da Amazônia brasileira, no município de Porto Velho, estado de Rondônia (RO), e corresponde à região de influência da Usina Hidrelétrica (UHE) de Jirau (9°14' \_ 9°42' S; 64°38' \_ 65°27' W), onde vêm sendo realizados plantios de restauração ecológica em 3.000 ha na Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório da hidrelétrica (Rezende e Vieira, 2019).

O clima da região é classificado como tropical úmido hipertérmico, com oito a nove meses chuvosos (Cochrane e Cochrane, 2010). O período seco ocorre geralmente entre os meses de junho e setembro (Torrente-Vilara, 2009). A temperatura anual média é de cerca de 25 °C, a mínima média de 21 °C e a máxima média de 32 °C (SEDAM-RO, 2018). A precipitação média anual varia entre 1.700 e 2.200 mm (ANA, 2018). A área de influência do reservatório da UHE de Jirau tem relevo principalmente plano e altitudes geralmente em torno de 100 m (Moser, 2013; Perigolo, 2014).

Os solos predominantes na região são o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e o Gleissolo Háplico Distrófico (Cochrane e Cochrane, 2010; EMBRAPA, 2011). Os Gleissolos são solos mal drenados que se encontram permanente ou periodicamente saturados por água. Desenvolvem-se comumente em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e são eventualmente formados em áreas sob influência do afloramento de água subterrânea (EMBRAPA, 2018). Os Latossolos são solos em avançado estágio de intemperização e muito evoluídos. São geralmente bem drenados, fortemente ácidos, muito profundos, com baixa saturação por bases e distróficos (EMBRAPA, 2018).

A vegetação predominante é a floresta de terra firme aberta, mas ocorrem ainda diferentes fitofisionomias como a floresta de terra firme densa e a mata seca, as quais não são sazonalmente inundadas pelas cheias do rio Madeira (Perigolo, 2014). Nas margens do rio Madeira ocorre a floresta de várzea em solos periodicamente inundados pelas águas barrentas do rio durante as cheias (Perigolo, 2014). As campinaranas com as variações florestada, arborizada, arbustiva e gramíneo lenhosa ocorrem em solos sujeitos ao afloramento sazonal do lençol freático e a períodos de seca, quando há o rebaixamento do nível do lençol e a diminuição da precipitação média mensal (Perigolo, 2014). A altura do lençol freático pode variar entre as fisionomias de campinarana (Figura 1). As campinaranas na região ocorrem predominantemente sobre solos mais argilosos e siltosos, mas também sobre solos de areia branca (Perigolo, 2014).

## 5.2. Espécies estudadas

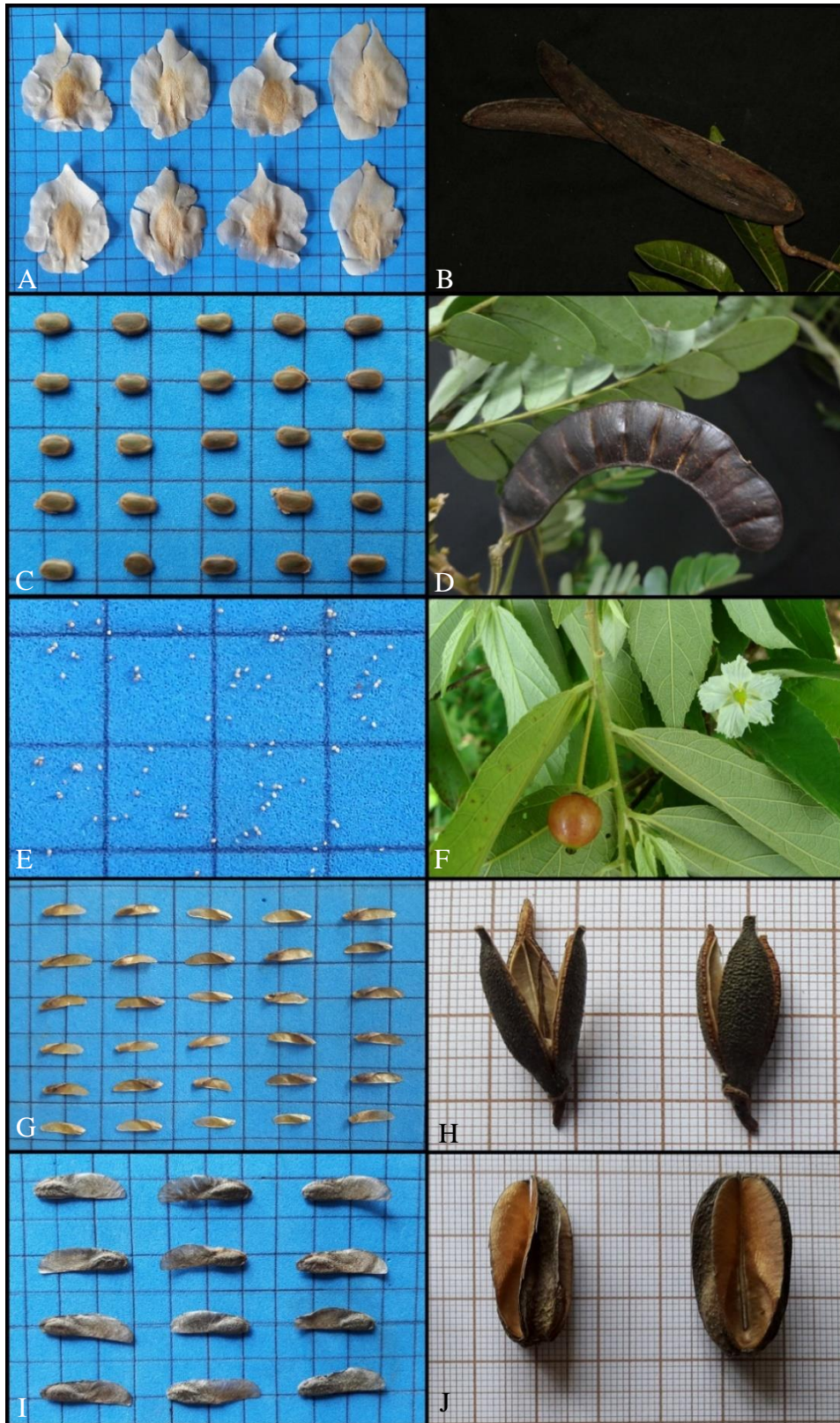
As espécies estudadas são tipicamente encontradas em áreas inundáveis da bacia do Rio Madeira, Rondônia (Perigolo, 2014; observação pessoal): *Himatanthus sucuuba* (Sprunce ex Müll. Arg.) Woodson, *Hydrochorea corymbosa* (Rich.) Barneby & J.W. Grimes, *Muntingia calabura* L., *Ruizterania retusa* (Spruce ex Warm.) Marc.-Berti e *Vochysia haenkeana* Mart. (Tabela 1; Figura 2). Apesar de todas ocorrerem em

campinaranas, as espécies *H. sucuuba*, *H. corymbosa* e *M. calabura* são comumente encontradas em florestas de várzea e as espécies *V. haenkeana* e *R. retusa* em campinaranas (Ferreira et al., 2005; Luize et al., 2015; Perigolo, 2014) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Espécies arbóreas com suas respectivas famílias, nomes populares, grupos sucessionais, habitats, síndromes de dispersão, épocas de dispersão, tipos de dormência (ND = Não Dormente), valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de massa fresca, massa seca, teor de umidade, comprimento, largura e espessura de sementes.

Espécie	<i>Himatanthus sucuuba</i>	<i>Hydrochorea corymbosa</i>	<i>Muntingia calabura</i>	<i>Ruizterania retusa</i>	<i>Vochysia haenkeana</i>
<b>Família botânica</b>	Apocynaceae	Fabaceae	Muntingiaceae	Vochysiaceae	Vochysiaceae
<b>Nome popular</b>	Janaguba, Leiteiro	Paricarana, Faveira	Cereja-das-Antilhas	Mirim	Cedrinho, Pau amarelo
<b>Grupo sucessional</b>	Pioneira <sup>7</sup> Secundária <sup>2</sup>	Secundária tardia <sup>1</sup>	Pioneira <sup>6</sup>	-	Secundária inicial <sup>10</sup>
<b>Habitat</b>	Várzea, Terra Firme <sup>4</sup> , Campinarana <sup>18</sup>	Várzea <sup>8</sup> , Igapó <sup>14</sup> , Campinarana <sup>15</sup>	Várzea <sup>11</sup>	Campinarana, Terra Firme <sup>11</sup>	Campinarana <sup>11</sup>
<b>Síndrome de dispersão</b>	Anemocórica <sup>12</sup> Hidrocórica <sup>4</sup>	Autocórica <sup>16</sup>	Zoocórica <sup>5,6</sup>	Anemocórica <sup>13</sup>	Anemocórica <sup>3,16</sup>
<b>Época de dispersão</b>	*Agosto (Descontinua e irregular <sup>12</sup> )	*Fevereiro	*Novembro (Ao longo do ano <sup>5,17</sup> )	*Agosto	*Outubro (Agosto a outubro <sup>9</sup> )
<b>Dormência</b>	ND	Física	ND	ND	ND
<b>Massa fresca da semente (mg)</b>	95,17 $\pm$ 1,05	35,98 $\pm$ 0,30	0,03 $\pm$ 0,00	8,24 $\pm$ 0,40	35,01 $\pm$ 2,31
<b>Massa seca da semente (mg)</b>	89,08 $\pm$ 1,08	31,91 $\pm$ 0,24	0,03 $\pm$ 0,00	7,47 $\pm$ 0,38	32,33 $\pm$ 2,11
<b>Teor de umidade (%)</b>	6,4 $\pm$ 0,1	11,3 $\pm$ 0,2	14,6 $\pm$ 7,4	9,3 $\pm$ 0,4	7,6 $\pm$ 0,1
<b>Comprimento da semente (mm)</b>	50,2 $\pm$ 6,7	6,7 $\pm$ 0,7	**	13,2 $\pm$ 1,2	23,9 $\pm$ 1,2
<b>Largura da semente (mm)</b>	38,6 $\pm$ 3,2	3,9 $\pm$ 0,3	**	2,7 $\pm$ 0,3	4,5 $\pm$ 0,4
<b>Espessura da semente (mm)</b>	1,3 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,2	**	1,4 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,3

<sup>1</sup>Castro (2012); <sup>2</sup>Condé e Tonini (2013); <sup>3</sup>Costa et al. (2003); <sup>4</sup>Ferreira et al. (2005); <sup>5</sup>Figueiredo et al. (2008); <sup>6</sup>Fleming et al. (1985); <sup>7</sup>Lima et al. (2011); <sup>8</sup>Luize et al. (2015); <sup>9</sup>Lorenzi (2017); <sup>10</sup>Milhomem et al. (2013); <sup>11</sup>Perigolo (2014); <sup>12</sup>Plumel (1991); <sup>13</sup>Rodríguez et al. (2014); <sup>14</sup>Souza (2012); <sup>15</sup>Sousa (2012); <sup>16</sup>Stefanello et al. (2009); <sup>17</sup>Webb (1984); <sup>18</sup>Observação pessoal; \*Mês de coleta das sementes utilizadas nos testes de germinação; \*\*Sementes muito pequenas. Medições de comprimento, largura e espessura foram realizadas em 15 sementes de cada espécie. Para a determinação da massa e do teor de umidade no início dos testes de germinação foram utilizadas três réplicas de 50 sementes para *M. calabura* e três réplicas de 10 sementes para as demais espécies. As sementes tiveram sua massa determinada antes e após serem secas em estufa a 105°C ( $\pm$ 3°C) por 24 horas. O teor de umidade correspondeu a massa fresca - massa seca / massa fresca  $\times$  100 (Brasil, 2009).

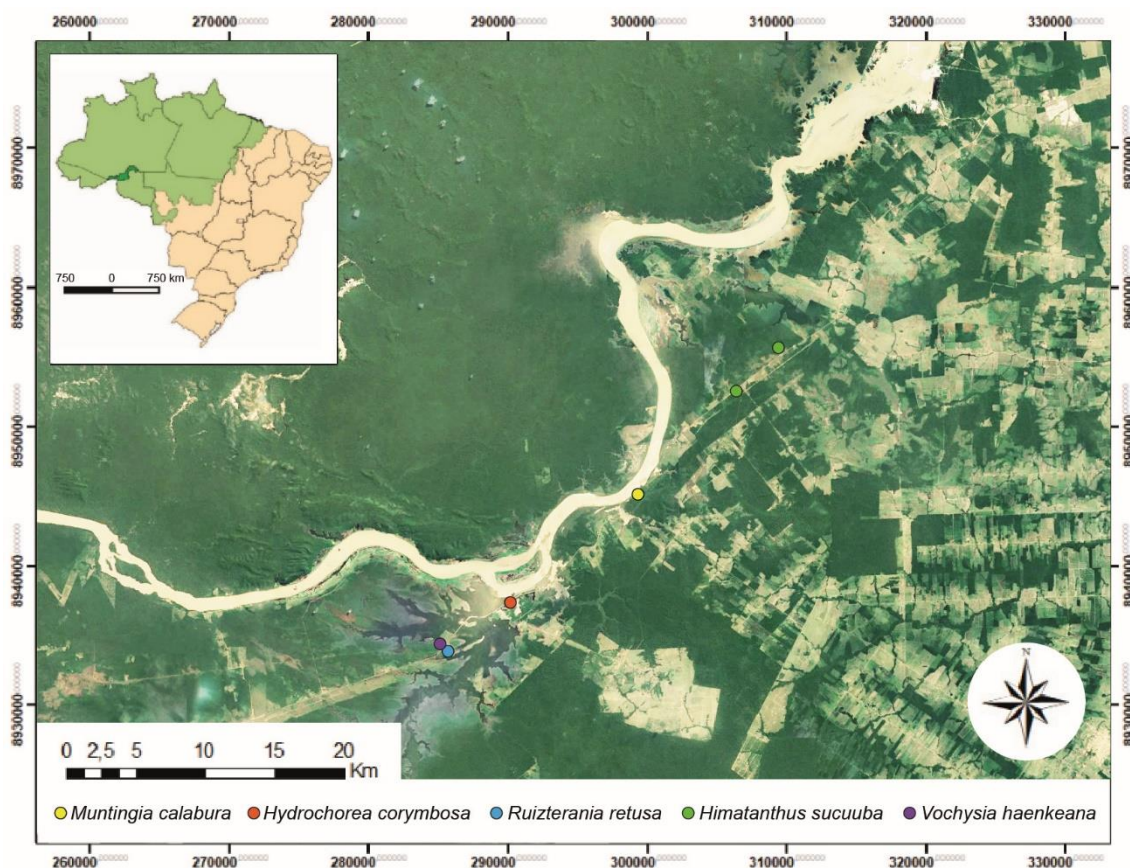


**Figura 2.** Sementes utilizadas nos experimentos com seus respectivos frutos. A e B: *Himatanthus sucuuba*. C e D: *Hydrochorea corymbosa*. E e F: *Muntingia calabura*. G e H: *Ruizterania retusa*. I e J: *Vochysia haenkeana*. A dimensão dos quadrados azuis corresponde a 1cm<sup>2</sup>. Fontes: (B) Atrium Biodiversity Information System. Autoria: A. P. Maceda. (F) Base de dados equipe de flora da Embrapa CENARGEN.



### 5.3. Coleta e beneficiamento das sementes

A coleta dos frutos de *H. sucuuba* e *R. retusa* foi realizada em agosto de 2017, de *V. haenkeana* em outubro de 2017, de *M. calabura* em novembro de 2017 e de *H. corymbosa* em fevereiro de 2018. Sementes de *H. sucuuba* foram coletadas em floresta de terra firme, de *H. corymbosa* e *M. calabura* em floresta de várzea e de *R. retusa* e *V. haenkeana* em campinarana. Para cada espécie foram colhidos frutos de três a cinco indivíduos distantes no mínimo 10 m entre si (Figura 3). A coleta dos frutos de todas as espécies foi realizada de forma manual ou com o auxílio de podão. Os frutos foram colocados em sacos de papel e transportados para o Laboratório de Sementes da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN) em Brasília, Distrito Federal (DF). As sementes foram retiradas dos frutos e homogeneizadas para a realização dos experimentos. As sementes que não apresentavam aparência saudável foram descartadas. Os frutos de *M. calabura*, por serem carnosos, foram abertos e colocados para secar sobre papel toalha.

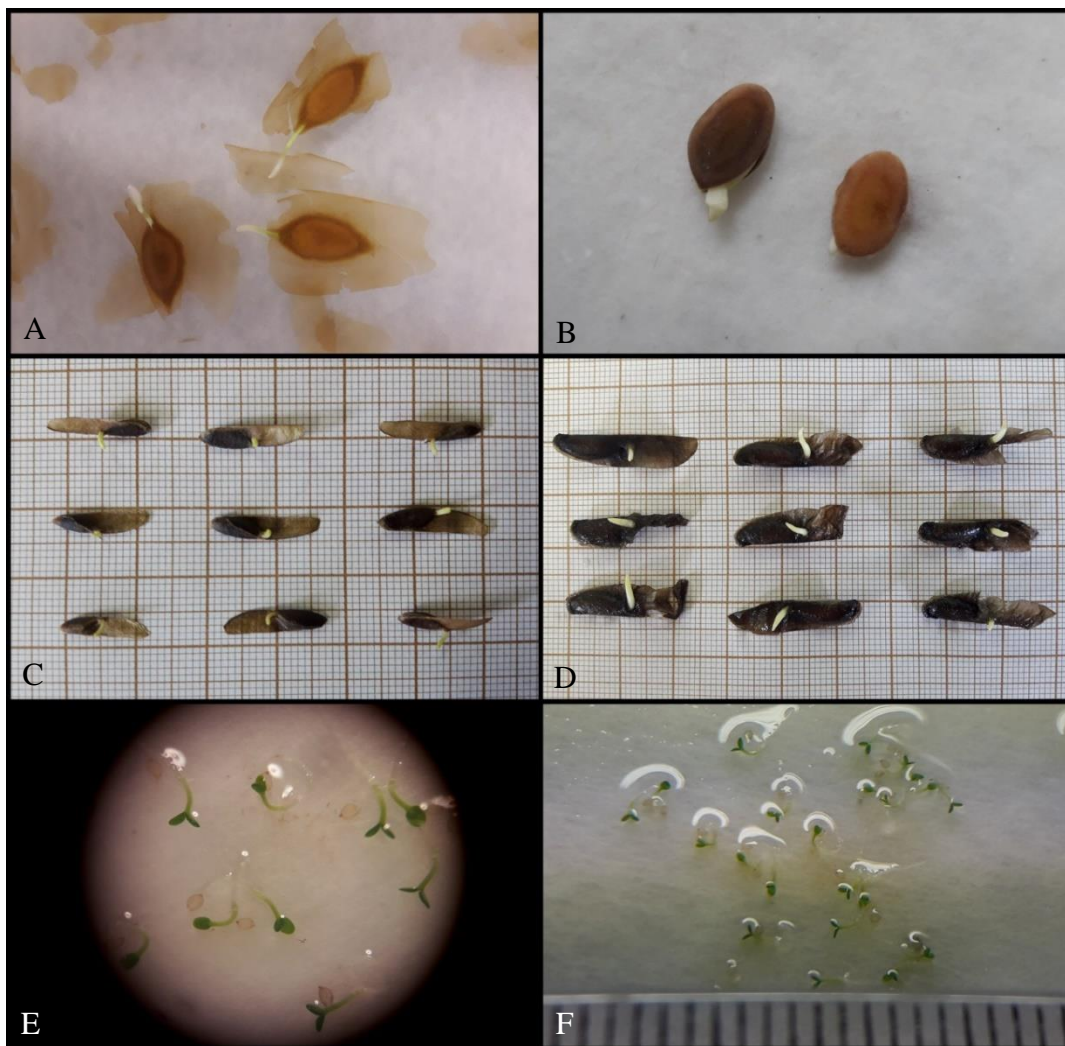


**Figura 3.** Localização das áreas de coleta de sementes de cada espécie na bacia do Rio Madeira, no município de Porto Velho, Rondônia (RO). Sistema de coordenadas UTM. Datum SIRGAS 2000. Elaboração: Priscila Salomão Elias.

#### 5.4. Experimentos de germinação

As sementes foram submetidas aos tratamentos: controle e coluna d'água. O experimento foi realizado em placas de petri (9,0 × 9,0 × 1,5 cm) para sementes pequenas, *R. retusa* e *M. calabura*, em caixas gerbox (11,0 × 11,0 × 3,3 cm) para sementes médias, *V. haenkeana* e *H. corymbosa*, e em vasilhas plásticas (21,5 × 21,5 × 8,2 cm) para a espécie de semente maior, *H. succuuba*. Em cada recipiente foi colocada dupla camada de papel germinativo. No tratamento controle os papéis foram umedecidos diariamente com água destilada. No tratamento coluna d'água cada recipiente foi mantido com água destilada a 1,5 cm de altura, submergindo completamente as sementes que afundaram. Quando colocadas na água, sementes de algumas espécies afundaram e de outras flutuaram.

Foram utilizadas três réplicas de 28 sementes para *H. succuuba*, quatro réplicas de 25 sementes para *H. corymbosa* e *V. haenkeana*, três réplicas de 70 sementes para *M. calabura* e três réplicas de 50 sementes para *R. retusa*. Os experimentos foram conduzidos em câmara de germinação tipo BOD (ELETROlab EL 212) a 30°C (±2°C) e fotoperíodo de 12 horas. O acompanhamento da germinação das sementes de *H. corymbosa* e *H. succuuba*, por terem apresentado germinação ao longo de maior período de tempo, foi realizado a cada três dias e o das sementes de *R. retusa*, *V. haenkeana* e *M. calabura* foi realizado a cada dois dias. Foram contadas e retiradas as sementes germinadas e as sementes com consistência anormal ou que foram contaminadas por fungos. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão e encurvamento gravitrópico da radícula. Devido à dificuldade em visualizar a extensão da radícula nas sementes de *M. calabura*, por serem muito pequenas, e à rapidez com que a semente germinada se torna plântula, foram consideradas germinadas as sementes que já haviam emitido o primeiro par de cotilédones; a verificação foi feita com microscópio (Figura 4).



**Figura 4.** Sementes germinadas no papel milimetrado e na água. A: *Himatanthus sucuuba*. B: *Hydrochorea corymbosa*. C: *Ruizterania retusa*. D: *Vochysia haenkeana*. E: Plântulas de *Muntingia calabura* vistas no microscópio. F: Plântulas de *M. calabura* vistas a olho nu. A medida entre os traços da régua corresponde a 1 mm.

O experimento foi concluído para cada espécie quando a germinação de ambos os tratamentos cessou após período de no mínimo sete dias ou ao final de 60 dias desde o início do experimento. As sementes de todas as espécies que não germinaram até o final do experimento foram classificadas como mortas (vazias, mal formadas, escuras, moles ou inviáveis), ou vivas, checadas pelo teste de viabilidade com tetrazólio (Brasil, 2009).

Para a realização do teste de viabilidade, as sementes tiveram todo ou parte de seu tegumento removido e foram colocadas em placas de vidro, onde foram embebidas em solução de tetrazólio (1%). As placas foram envolvidas com papel alumínio para evitar a entrada de luz e colocadas dentro da câmara de germinação a 30°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) por 24 horas. Após este período, as sementes foram lavadas em água corrente, cortadas

longitudinalmente e foi avaliada a viabilidade com o auxílio de microscópio. Foram consideradas viáveis as sementes que apresentaram o eixo embrionário corado de rosa (Brasil, 2009).

Após os 60 dias de experimento as sementes de *H. corymbosa* que ainda não haviam germinado tiveram quebra de dormência física em virtude do tegumento duro das sementes, por meio de pequeno corte na ponta das sementes, no lado oposto ao hilo, e foram colocadas para germinar em condições não alagadas, como forma de verificar a viabilidade das sementes.

### **5.5. Experimentos de inundação e escassez hídrica do solo em plântulas**

O experimento de inundação e escassez hídrica em plântulas foi conduzido em casa de vegetação, com cobertura de plástico incolor e transparente, na Embrapa CENARGEN, em Brasília, DF. Não foi possível realizar este experimento com as espécies *M. calabura* e *V. haenkeana*, pois todas as plântulas de *V. haenkeana* morreram pouco tempo após sua emergência, provavelmente por terem sido contaminadas por fungo, e as plântulas de *M. calabura* foram atacadas por pragas (lagartas e pulgões), o que interferiu na sobrevivência e no crescimento das plântulas. As demais espécies não tiveram ataques.

A temperatura na casa de vegetação foi monitorada e semanalmente registrada. A temperatura média durante a realização do experimento foi de 26,7°C, a mínima média de 11,3°C e a máxima média de 35,4°C. As sementes foram colocadas para germinar em sacos perfurados de polietileno de 16 cm de altura (2 L), contendo substrato preparado com 1/3 de subsolo, 1/3 de areia e 1/3 de esterco curtido de gado. As sementes foram enterradas na profundidade de 1 a 2 cm. Antes da semeadura, foi feito pequeno corte com alicate na ponta das sementes de *H. corymbosa*, no lado oposto ao hilo, como procedimento de quebra de dormência física. Os sacos de polietileno com as sementes foram irrigados diariamente e o dia de emergência de cada plântula foi registrado. As plântulas foram consideradas emergidas quando foi possível visualizar os cotilédones liberados do tegumento da semente sobre o solo.

As plântulas com até dez dias de emergência (Figura 5) foram submetidas a quatro tratamentos com duração total de 180 dias e com diferentes regimes hídricos com duração de 90 dias cada:

UmUm – Úmido seguido por úmido;  
UmIn – Úmido seguido por inundação;  
UmSe – Úmido seguido por seca;  
InUm – Inundação seguido por úmido (Figura 1).

No regime úmido, a irrigação foi realizada a cada dois dias, até o solo atingir sua capacidade de campo, mantendo o solo sempre úmido. No regime de inundação, as plântulas foram colocadas em bacias plásticas e permaneceram alagadas ao nível de 1 cm acima do substrato nos sacos. O nível de água das bacias foi mantido constante e a cada 15 dias foi realizada a troca de água. No regime de seca, foram adicionados cerca de 100 ml de água por saco de polietileno a cada cinco dias, o que equivale aproximadamente à média do número de dias de chuva e da precipitação média mensal nos meses mais secos na área de estudo (junho a setembro; analisado dos dados de ANA, 2018; Figura 1).

A duração e o tipo de regime hídrico dos tratamentos foram definidos buscando simular as condições de campo, considerando a precipitação média mensal e o nível do lençol freático em duas fitofisionomias de campinarana na área de estudo (Figura 1). O tratamento UmUm visa simular o que aconteceria em campo caso as sementes fossem germinadas e as plântulas cultivadas em casa de vegetação, e após três meses fossem levadas para o campo na época úmida, no início da estação chuvosa (outubro) ou no final desta estação (abril), logo após o período de inundação. O tratamento UmIn simula o plantio das sementes no início da estação chuvosa ou das mudas no meio desta estação (janeiro), o tratamento UmSe o plantio das sementes no final da estação chuvosa (abril) ou o plantio de mudas no início da estação seca (junho) e o tratamento InUm o plantio das sementes no meio da estação chuvosa (Figura 1). O experimento foi realizado com a utilização de três bacias por tratamento para cada espécie, 15 plântulas por bacia para *H. corymbosa* (15 plântulas × três bacias × quatro tratamentos = 180 plântulas) e 16 plântulas por bacia para as demais espécies (192 plântulas por espécie). Aos 90 dias de experimento, quando as plântulas foram submetidas a diferente regime hídrico, foram retiradas quatro plântulas por bacia para a determinação da biomassa.

### **5.5.1. Censos e medidas**

A altura de 10 plântulas por espécie entre 1 e 10 dias de emergência (medida do colo da plântula até a inserção dos cotilédones com um paquímetro digital de 0,01 mm de precisão), foi determinada antes das plântulas serem submetidas aos tratamentos, para

estimar a altura média inicial das plântulas de cada espécie (Figura 5). Posteriormente a altura de todas as plântulas foi medida do colo até a inserção da última folha a cada 30 dias. Características morfológicas como formação de raízes adventícias e de lenticelas nos caules foram verificadas visualmente; as avaliações foram mensais. A sobrevivência e o aspecto geral das plântulas foram avaliados a cada 15 dias. Os estágios de murchamento de plântulas foram verificados em avaliações quinzenais, seguindo a classificação de Engelbrecht et al. (2007) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Descrição das categorias utilizadas nas avaliações visuais de murchamento. Fonte: Adaptado de Engelbrecht et al. (2007).

Categoria	Estágios de murchamento	Características visuais
1	Normal (não murcha)	Sem sinais de murcha ou estresse hídrico
2	Murcha	Forte alteração do ângulo da folha, mas sem morte celular
3	Severamente murcha	Alteração muito forte do ângulo da folha com início de necrose
4	Quase morta	A. Todas folhas mortas, mas caule vivo B. Maioria das folhas com lesões necróticas, algumas folhas jovens ainda verdes, ângulo da folha perto de 0°
5	Morta	Todas as partes acima do solo mortas, sem rebrotamento depois de reidratação no final do experimento



**Figura 5.** Plântulas antes de serem submetidas aos tratamentos emergidas entre 1 e 10 dias. A: *Himatanthus sucuuba*. B: *Hydrochorea corymbosa*. C: *Ruizterania retusa*.

A biomassa das plântulas foi determinada após o período de 90 dias e ao final dos 180 dias de experimento. Para determinar a biomassa após os primeiros 90 dias foram utilizadas quatro plântulas de cada bacia (12 plântulas por tratamento). Para determinar a biomassa após 180 dias foram utilizadas, quando disponíveis, cinco plântulas de cada bacia (15 plântulas por tratamento). As plântulas foram cuidadosamente desenterradas e separadas em raízes, caules, folhas e cotilédones, quando presentes. As partes separadas foram secas em estufa a 70°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) por 72h e foi determinada a massa seca, com o uso

de balança analítica com precisão de 0,0001g. A massa dos cotilédones não foi considerada no cálculo da biomassa total aos 90 ou aos 180 dias, pois quase todas as plântulas perderam seus cotilédones até o final do experimento.

Após um período de inundação, a exposição ao ar pode causar injúrias em tecidos de plantas, pois reações podem produzir radicais livres de oxigênio (Gibbs e Greenway, 2003). Assim, ao final dos 180 dias de experimento, as plântulas que estavam no regime inundado e não foram destinadas à determinação da biomassa foram mantidas em condições úmidas por 15 dias e a sobrevivência das plântulas foi verificada após este período de reaeração de tecidos, como forma de avaliar a recuperação das plântulas pós alagamento.

## **5.6. Análise de dados**

Para comparar as porcentagens de germinação entre os tratamentos controle e coluna d'água para cada espécie foram realizados testes t. Para comparar os efeitos dos tratamentos de regimes hídricos nas variáveis sobrevivência, altura, biomassa e formação de raízes adventícias e de lenticelas para cada espécie foram realizadas ANOVAs e testes posteriores de Tukey quando as ANOVAs foram significativas.

A sobrevivência foi analisada por ANOVA de medidas repetidas. As porcentagens de sobrevivência aos 90 e aos 180 dias foram as variáveis dependentes e os tratamentos a variável preditora. Cada bacia foi considerada uma réplica e a porcentagem de sobrevivência correspondeu ao número total de plântulas que sobreviveram em relação ao número de plântulas colocadas inicialmente em cada bacia. Uma vez que a sobrevivência de *H. succuba* aos 90 dias não teve variância, apenas a sobrevivência aos 180 dias foi analisada.

A altura foi analisada por ANOVA aninhada de medidas repetidas. As alturas aos 90 e aos 180 dias foram as variáveis dependentes, enquanto os tratamentos e as bacias as variáveis preditoras. Neste caso, cada plântula foi considerada individualmente uma réplica e os efeitos das bacias foram aninhados dentro dos tratamentos.

A biomassa total e a parcial foram analisadas por ANOVA aninhada de dois fatores. As biomassas aos 90 e aos 180 dias foram as variáveis dependentes, enquanto os tratamentos, o tempo e as bacias as variáveis preditoras. Neste caso, as medidas não foram repetidas pois a cada amostragem diferentes plantas foram medidas. Cada plântula foi considerada uma réplica e os efeitos das bacias foram aninhados dentro dos tratamentos.

A formação de raízes adventícias e de lenticelas foram analisadas por ANOVA de um fator. As porcentagens de plântulas que desenvolveram cada uma dessas estruturas foram as variáveis dependentes e os tratamentos a variável preditora. Cada bacia foi considerada uma réplica.

A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro–Wilk. Para aproximar os dados de sobrevivência, altura, biomassa e formação de raízes adventícias e de lenticelas da distribuição normal e diminuir a heteroscedasticidade, os dados foram submetidos à transformação logarítmica, quando esta transformação aumentou a homogeneidade das variâncias de acordo com o teste de Levene. A significância dos testes utilizou o critério  $p \leq 0,05$ . Para execução de todas análises foi utilizado o programa Statistica 13.0.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Experimentos de germinação

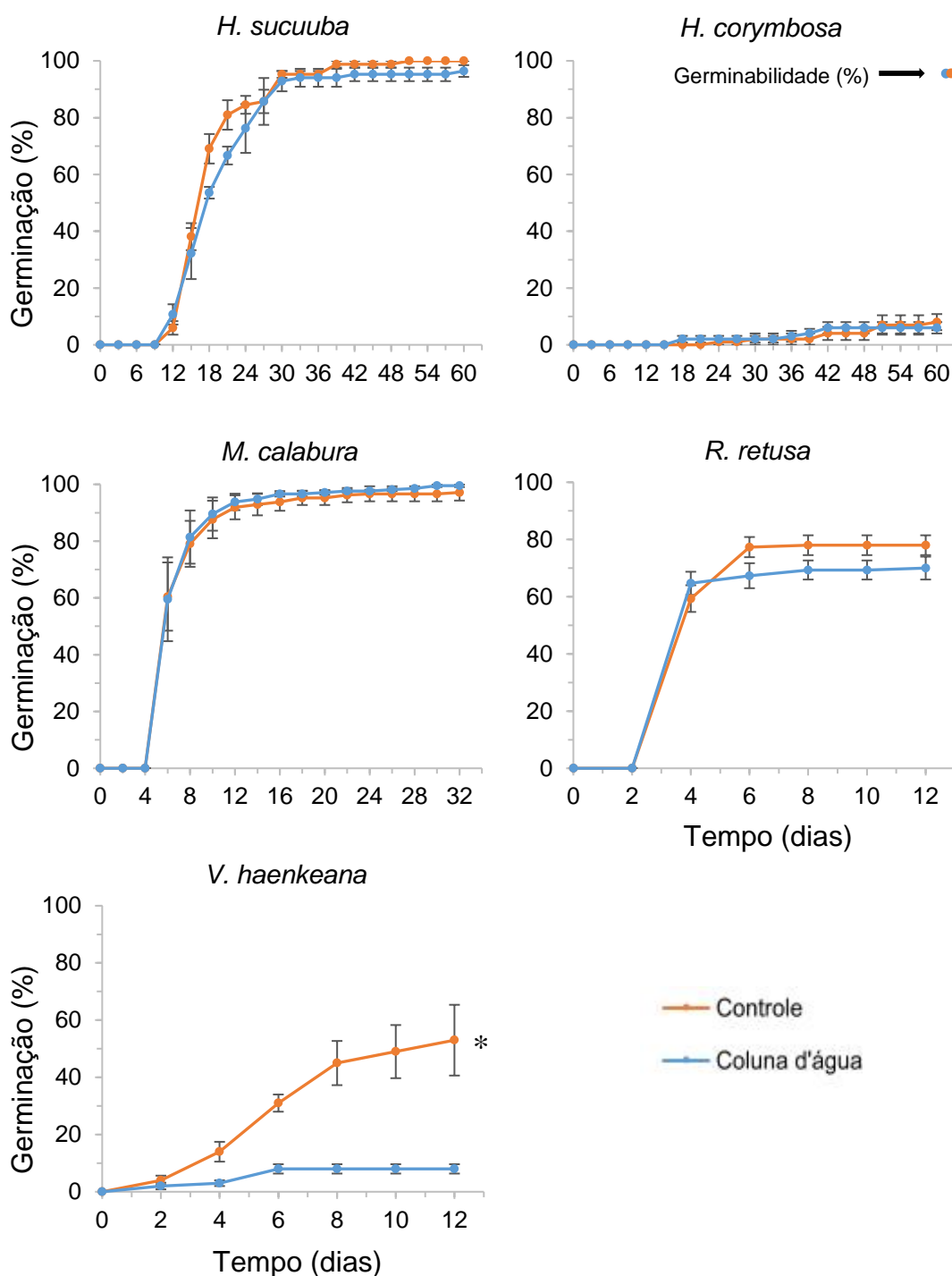
As porcentagens de germinação foram altas ( $\geq 70\%$ ) e não diferiram entre os tratamentos controle e coluna d'água para *H. succuba* ( $t=1,7$ ,  $gl=4$ ,  $p=0,158$ ), *M. calabura* ( $t=-0,8$ ,  $gl=4$ ,  $p=0,477$ ) e *R. retusa* ( $t=1,5$ ,  $gl=4$ ,  $p=0,205$ ). As porcentagens de germinação não foram significativamente diferentes entre os tratamentos para *H. corymbosa* ( $t=0,6$ ,  $gl=6$ ,  $p=0,584$ ), apesar de terem sido baixas ( $<10\%$ ). Apenas *V. haenkeana* teve maior germinação no tratamento controle (53%) do que na água (8%;  $t=3,607$ ,  $gl=6$ ,  $p=0,011$ ) (Figura 6).

Todas as sementes de *H. succuba* permaneceram flutuando durante todo o período germinativo. Todas as sementes de *H. corymbosa* afundaram assim que foram colocadas na água e permaneceram submersas. Algumas sementes de *M. calabura* afundaram enquanto outras flutuaram na água; sementes germinaram em condição de submersão. As sementes de *R. retusa* flutuaram quando foram colocadas na água, porém seis dias depois algumas sementes afundaram e após dez dias todas estavam afundadas; poucas sementes germinaram após afundarem. As sementes de *V. haenkeana* flutuaram quando foram colocadas na água, porém dois dias depois algumas sementes afundaram e após sete dias todas estavam afundadas; não houve germinação em condição de submersão.

As sementes de *R. retusa* e *V. haenkeana* que não germinaram até o final do experimento não estavam viáveis pelo teste de tetrazólio. Após a realização da quebra de dormência das sementes de *H. corymbosa* aos 60 dias, todas as sementes que ainda não



havia germinado emitiram radícula em até dois dias. Com isso, a germinabilidade das sementes de *H. corymbosa* de ambos os tratamentos foi de 99% (Figura 6).

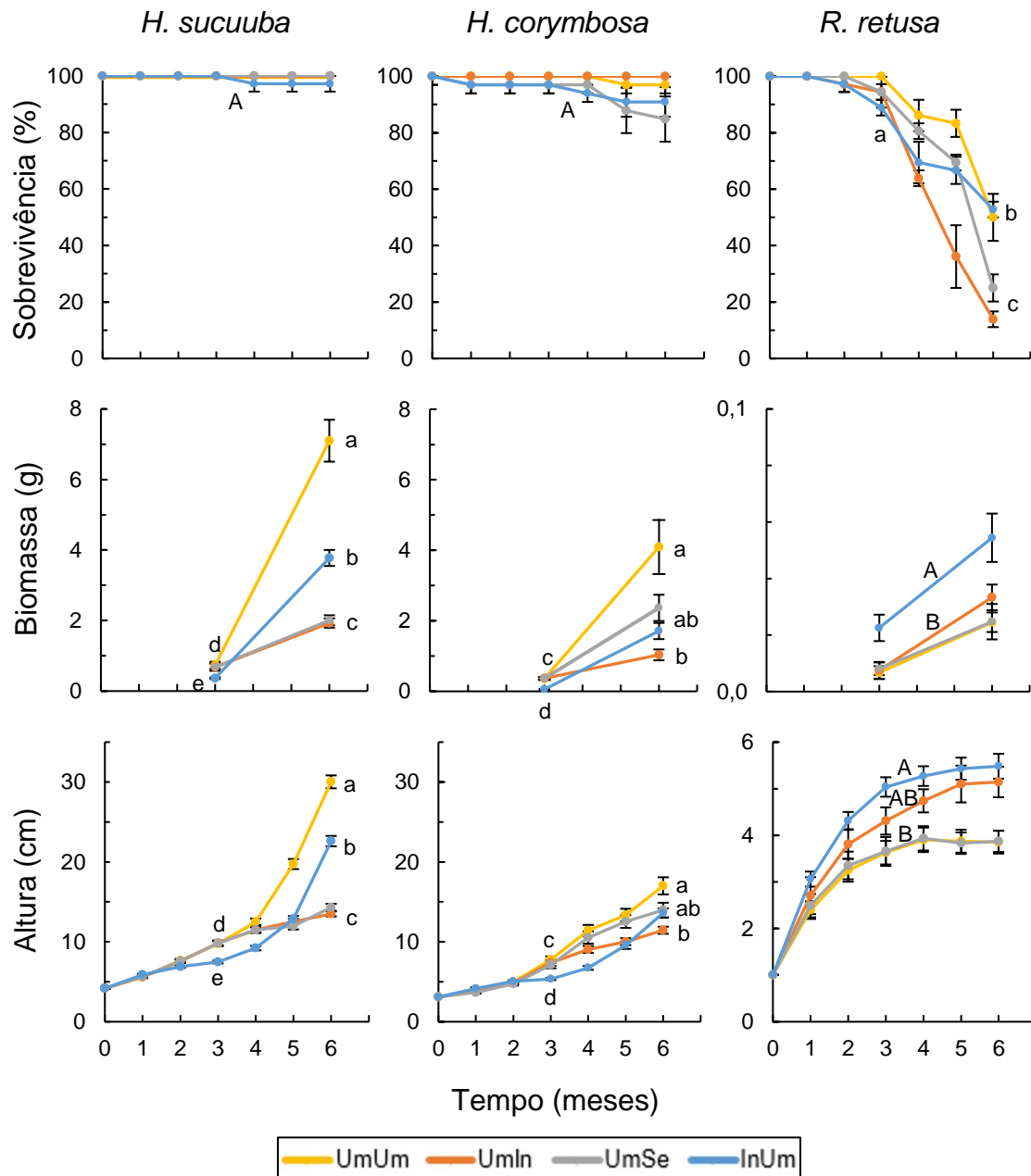


**Figura 6.** Porcentagem de germinação acumulada ao longo do período de germinação de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa*, *Muntingia calabura*, *Ruizterania retusa* e *Vochysia haenkeana* submetidas aos tratamentos controle e coluna d'água. Dados expressos em termos de média  $\pm$  erro padrão. Os pontos no gráfico de *H. corymbosa* indicam a germinação após a quebra de dormência das sementes. O asterisco indica diferença significativa entre os tratamentos de acordo com o teste t ( $p \leq 0,05$ ).

## **6.2. Experimentos de inundação e escassez hídrica do solo em plântulas**

### **6.2.1. Sobrevivência e caracterização do estágio de murchamento**

A sobrevivência das plântulas até os 180 dias foi maior que 90% para *H. succuba* e maior que 80% para *H. corymbosa*, em todos os tratamentos, não havendo diferença significativa entre eles para as duas espécies. Para *R. retusa* a sobrevivência foi maior que 80% aos 90 dias e não diferiu entre os tratamentos, mas entre 90 e 180 dias houve maior mortalidade de plântulas. A sobrevivência de *R. retusa* nos tratamentos UmUm e InUm (cerca de 50%) foi significativamente maior que a sobrevivência nos tratamentos UmSe e UmIn (cerca de 20%) (Figura 7; Tabela 3).



**Figura 7.** Porcentagem de sobrevivência, altura média e biomassa total das plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa* ao longo dos 180 dias de experimento sob diferentes tratamentos: UmUm - úmido seguido por úmido; UmIn - úmido seguido por inundação; UmSe - úmido seguido por seca; InUm - inundação seguido por úmido. Dados expressos em termos de média  $\pm$  erro padrão. Os gráficos de altura e biomassa para *R. retusa* são os únicos nos quais o eixo y está representado em escala menor com relação as outras espécies, em função dos valores médios para estas variáveis serem consideravelmente menores. Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) em cada tempo investigado. Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos, quando não há interação tempo  $\times$  tratamento, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3.** Resultados da ANOVA para os principais efeitos e suas interações para as variáveis resposta sobrevivência, altura e biomassa total em plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa*. GL: Graus de liberdade. Para a variável sobrevivência em *H. sucuuba* só foi possível analisar o efeito dos tratamentos. Os dados de altura e biomassa total para *H. sucuuba* e *H. corymbosa* foram submetidos à transformação logarítmica.

	<i>H. sucuuba</i>			<i>H. corymbosa</i>		<i>R. retusa</i>	
	GL	F	P	F	P	F	P
<b>Sobrevivência</b>							
Tratamento	3	1,00	0,441	1,78	0,228	8,77	<b>0,007</b>
Tempo	-----	-----	-----	5,44	<b>0,048</b>	401,39	<b>&lt;0,001</b>
Interação	-----	-----	-----	1,30	0,341	11,31	<b>0,003</b>
<b>Altura</b>							
Tratamento	3	48,97	<b>&lt;0,001</b>	5,50	<b>0,001</b>	8,71	<b>&lt;0,001</b>
Tempo	1	3651,79	<b>&lt;0,001</b>	1194,69	<b>&lt;0,001</b>	17,81	<b>&lt;0,001</b>
Interação	3	331,43	<b>&lt;0,001</b>	22,68	<b>&lt;0,001</b>	1,29	0,290
<b>Biomassa total</b>							
Tratamento	3	22,82	<b>&lt;0,001</b>	15,81	<b>&lt;0,001</b>	9,16	<b>&lt;0,001</b>
Tempo	1	625,03	<b>&lt;0,001</b>	212,59	<b>&lt;0,001</b>	32,16	<b>&lt;0,001</b>
Interação	3	24,24	<b>&lt;0,001</b>	13,69	<b>&lt;0,001</b>	1,00	0,396

Apesar de não ter tido redução significativa na sobrevivência de plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* submetidas à seca em relação a todos os outros tratamentos (Figura 7; Tabela 3), plântulas destas espécies apresentaram necrose e posterior queda de folhas durante o regime de seca e, além disso, houveram plântulas de *H. corymbosa* que morreram após secarem rapidamente neste período (Figura 8 e Anexo 1).

Apesar de cerca de 50% das plântulas de *R. retusa* terem sobrevivido no tratamento UmUm (Figura 7), menos de 10% estavam aparentemente saudáveis, ou seja, a maioria estava sem folhas vivas ou com a maioria das folhas apresentando sinais de necrose, enquanto que 36% das plântulas que foram inundadas inicialmente (InUm) estavam aparentemente saudáveis ao final de 180 dias (Anexo 1).

Após 180 dias de experimento, as plântulas de todas as espécies que estavam no regime inundado (tratamento UmIn) e foram mantidas em condições úmidas por 15 dias sobreviveram ao final deste período de reexposição ao ar.



**Figura 8.** Plântulas com sinais de estresse por seca. A: Plântula de *Himatanthus sucuuba* com necrose foliar. B: Plântula morta de *Hydrochorea corymbosa*. C: Plântula de *H. corymbosa* com necrose foliar.

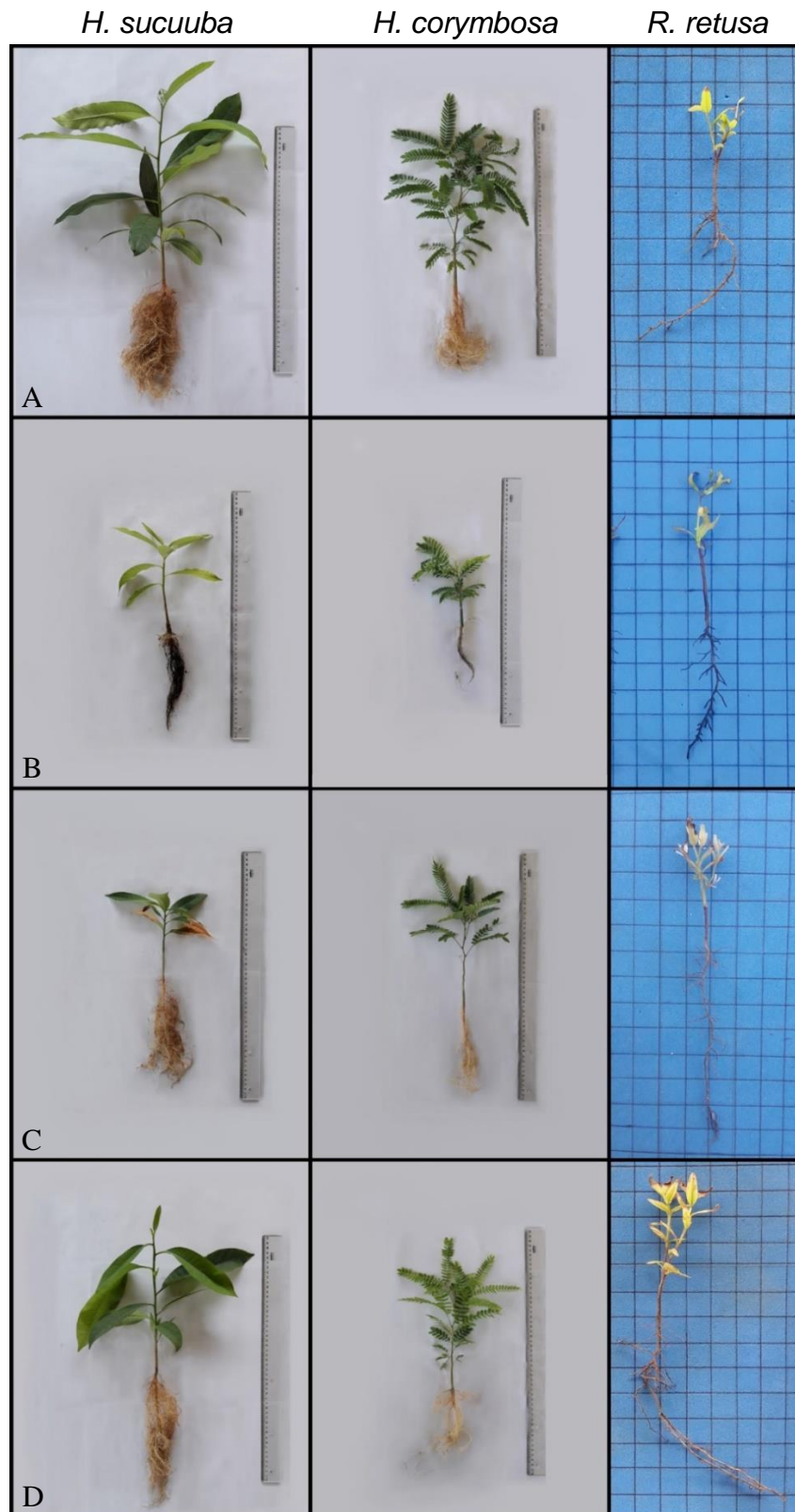
### 6.2.2. Crescimento em altura e biomassa total

Plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* cresceram mais lentamente nos primeiros 90 dias e aceleraram entre os 90 e os 180 dias, alcançando 20 cm e 14 cm de altura média, respectivamente. Plântulas de *R. retusa* cresceram lentamente durante os 180 dias, alcançando alturas de 5 cm em média, mesmo no melhor tratamento (Figura 7).

Plântulas de *H. sucuuba* que não foram expostas à inundação ou à seca (UmUm) tiveram em média maior crescimento em altura e biomassa. Para *H. corymbosa* não houve diferença significativa de crescimento em altura e biomassa entre os tratamentos UmUm, UmSe e InUm. Plântulas de *R. retusa* tiveram em média maior crescimento quando inundadas durante os primeiros 90 dias (InUm) do que em qualquer outro tratamento (Figuras 7 e 9; Tabela 3).

Plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* inundadas durante os primeiros 90 dias (InUm) recuperaram rapidamente altura e biomassa entre os 90 e 80 dias (Figuras 7 e 9). Plântulas de *H. sucuuba* tiveram maior altura e biomassa ao final de 180 dias quando expostas à inundação inicial (InUm) do que à inundação tardia (UmIn), porém para *H. corymbosa* os tratamentos InUm e UmIn não diferiram entre si (Figuras 7 e 9; Tabela 3).

Para todas as espécies estudadas, não houve diferença significativa na sobrevivência e no crescimento de plântulas expostas à seca (UmSe) ou à inundação (UmIn) entre os 90 e 180 dias (Figuras 7 e 9; Tabela 3).



**Figura 9.** Plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa* ao final de 180 dias de experimento após terem sido submetidas a diferentes tratamentos: A - úmido seguido por úmido (UmUm); B - úmido seguido por inundação (UmIn); C - úmido seguido por seca (UmSe); D - inundação seguido por úmido (InUm). A régua possui 50 cm e a dimensão dos quadrados azuis corresponde a 1 cm<sup>2</sup>.

### 6.2.3. Morfologia de plântulas e biomassa parcial

Todas as plântulas de *H. sucuuba* no tratamento UmIn apresentaram raízes adventícias e lenticelas. No tratamento InUm uma quantidade significativamente menor de plântulas de *H. sucuuba* desenvolveram raízes adventícias (22%) e lenticelas (67%) do que no tratamento UmIn (raízes adventícias,  $F=292,0$ ,  $gl=3$ ,  $p<0,001$ ; lenticelas,  $F=432,0$ ,  $gl=3$ ,  $p<0,001$ ; Figura 10; Tabela 4). Foi verificado em plântulas de *H. corymbosa* o desenvolvimento de hipertrofia de lenticelas (94%) e raízes adventícias (52%) apenas no tratamento UmIn (raízes adventícias,  $F=289,0$ ,  $gl=3$ ,  $p<0,001$ ; lenticelas,  $F=240,3$ ,  $gl=3$ ,  $p<0,001$ ). Não foi observado o desenvolvimento de estruturas morfológicas em plântulas de *R. retusa* submetidas à inundação nos primeiros ou últimos 90 dias de experimento (Figura 10; Tabela 4).

**Tabela 4.** Porcentagem média ( $\pm$  erro padrão) de plântulas de *Himatanthus sucuuba* e *Hydrochorea corymbosa* que desenvolveram estruturas morfológicas (hipertrofia de lenticelas e raízes adventícias) ao longo de 180 dias, submetidas a diferentes tratamentos: UmUm - úmido seguido por úmido; UmIn - úmido seguido por inundação; UmSe - úmido seguido por seca; InUm - inundação seguido por úmido. Na mesma coluna: médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p\leq 0,05$ ).

	<i>H. sucuuba</i>		<i>H. corymbosa</i>	
	Lenticelas	Raízes adventícias	Lenticelas	Raízes adventícias
<b>UmUm</b>	0 a	0 a	0 a	0 a
<b>UmIn</b>	100 b	100 b	93,9 $\pm$ 6,1 b	51,5 $\pm$ 3,0 b
<b>UmSe</b>	0 a	0 a	0 a	0 a
<b>InUm</b>	66,7 $\pm$ 4,8 c	22,2 $\pm$ 5,6 c	0 a	0 a



**Figura 10.** Desenvolvimento de estruturas morfológicas em plântulas das espécies estudadas. Hipertrofia de lenticelas em (A) *Himatanthus sucuuba* e (B) *Hydrochorea corymbosa*. Raízes adventícias em (C) *H. sucuuba* e (D) *H. corymbosa*.

Para *H. sucuuba*, no tratamento InUm raízes adventícias e lenticelas foram observadas apenas 90 dias após o início da inundação e houve apenas o início de formação de raízes adventícias, enquanto que no tratamento UmIn raízes adventícias e lenticelas começaram a ser observadas mais rapidamente (30 dias após o início da inundação) e foi constatado desenvolvimento mais pronunciado das raízes adventícias. Para *H. corymbosa*, no tratamento UmIn foi observado apenas o início de formação de raízes adventícias (Figura 10).

Plântulas de todas as espécies que foram retiradas da terra para a determinação da biomassa imediatamente após o período de inundação, aos 90 ou 180 dias, apresentaram necrose e morte de parte ou de praticamente toda a sua raiz (Figura 9). Plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* expostas à inundação inicial tiveram redução significativa na biomassa de raízes logo após o período de inundação. Enquanto plântulas destas espécies que foram inundadas durante os primeiros 90 dias desenvolveram novas raízes entre os 90 e 180 dias e apresentaram valores de biomassa de raízes mais próximos aos do tratamento UmUm (Figura 9; Anexos 2 e 3).



## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Germinação em coluna d'água

A capacidade das espécies *H. sucuuba*, *R. retusa*, *M. calabura* e *H. corymbosa* de germinarem na água sugere que as sementes destas espécies poderiam ser semeadas sem perder germinabilidade em áreas de campinarana durante o período de inundação, quando o solo se encontra saturado. A baixa germinação de sementes de *V. haenkeana* colocadas na coluna d'água provavelmente ocorreu devido à redução da disponibilidade de oxigênio ocasionada pela submersão das sementes em poucos dias. A submersão pode impedir o suprimento adequado de oxigênio para a ativação do metabolismo necessário para a germinação (Kozłowski e Pallardy, 1997; Oliveira-Wittmann et al., 2010) e causar danos em tecidos de sementes (Lopez, 2001). As sementes de *H. corymbosa* não perderam a viabilidade mesmo após 60 dias submersas, provavelmente devido à dormência imposta pelo tegumento duro das sementes. Sementes de espécies capazes de germinar na água poderiam ser plantadas em experimentos de campo em qualquer época do ano durante a estação chuvosa, em solo úmido ou saturado. Como no presente estudo foi avaliada a germinação de sementes em coluna d'água e plântulas foram expostas à inundação apenas após sua emergência, é importante a realização de estudos que avaliem também a capacidade de emergência de plântulas em solo saturado.

### 7.2. Respostas das plântulas aos regimes hídricos

Houve grande variação entre as espécies quanto às respostas aos tratamentos de regime hídrico. Enquanto plântulas de *H. sucuuba* tiveram maior crescimento quando não foram expostas à seca ou à inundação, confirmando a hipótese de maior desempenho em condições úmidas, plântulas de *H. corymbosa* não reduziram significativamente o crescimento quando inundadas inicialmente ou expostas à seca posteriormente, e, surpreendentemente, plântulas de *R. retusa* sobreviveram e cresceram mais quando foram inundadas inicialmente. Apesar das três espécies ocorrerem em campinaranas, elas tiveram desde a preferência por solo úmido e bem drenado, *H. sucuuba*, até uma aparente preferência pela inundação logo após a emergência das plântulas, como é o caso da *R. retusa*. *Himatanthus sucuuba* é uma espécie que ocorre em áreas inundáveis e de terra firme. Trata-se de uma espécie pioneira bastante generalista quanto ao tipo de solo e clima (Ferreira et al., 2005; Lima et al., 2011; Perigolo, 2014). *Hydrochorea corymbosa* ocorre tipicamente em florestas de várzea e igapó (Luize et al., 2015; Souza, 2012). *Ruizterania retusa* é uma espécie indicadora de campinarana e muitas vezes dominante, podendo

abranger até metade das árvores em campinaranas na região do rio Madeira (Perigolo, 2014). Portanto, as respostas das espécies à inundação e à seca em diferentes fases do desenvolvimento serão variáveis em função de sua história de vida, especialmente sua plasticidade fenotípica. É necessário que mais espécies sejam estudadas para se possa elaborar síndromes de respostas de estabelecimento às condições hidrológicas de campinaranas. Estes grupos devem ser formados em função da ocorrência das espécies nos habitats de campinarana e habitats circundantes, da fenologia de dispersão e germinação e da taxa de crescimento ao longo do processo de estabelecimento das plântulas, antes e após a dependência das reservas das sementes.

O maior crescimento de plântulas de *R. retusa* em condições de inundação relativo a plântulas em condições não inundadas é um comportamento que também foi relatado para as espécies *Nyssa aquatica* L. (McKevlin et al., 1995) e *Cytherexylum myrianthum* Cham. (Andrade et al., 1999) e pode estar associado à maior eficiência na produção de biomassa total por unidade de nutriente absorvido em solo saturado do que em solo bem drenado (McKevlin et al., 1995). A inundação nos primeiros meses de vida parece ter favorecido posteriormente a sobrevivência e o desenvolvimento de plântulas de *R. retusa*. Exposições prévias a inundações ou a condições ambientais extremas em estágios iniciais de desenvolvimento podem ter efeitos benéficos, influenciando o potencial de crescimento posterior e a habilidade das plantas de responderem a estresses e a diferentes condições ambientais futuras (Kozłowski e Pallardy, 2002; Wang et al., 2017). Possíveis mecanismos que podem melhorar as respostas das plantas a estresses posteriores são o acúmulo de proteínas ou fatores de transcrição, modificações epigenéticas e morfológicas (Bruce et al., 2007; Walter et al., 2013).

Os resultados deste estudo não corroboram com a hipótese de que plântulas mais jovens são mais susceptíveis à inundação do que plântulas mais velhas (Jones e Sharitz, 1998; Kozłowski, 1997). Plântulas de *H. sucuuba* e *R. retusa* inundadas durante os primeiros 90 dias e depois mantidas em condições úmidas tiveram maior crescimento que plântulas que foram inundadas entre os 90 e 180 dias. Plântulas de *R. retusa* inundadas quando mais jovens sobreviveram mais do que quando mais velhas, enquanto *H. sucuuba* e *H. corymbosa* tiveram alta sobrevivência independentemente da inundação ter sido inicial ou tardia. Considerando ainda que plântulas de *H. sucuuba* e *H. corymbosa* cresceram mais lentamente durante os primeiros 90 dias do que entre os 90 e 180 dias, os resultados sugerem que na fase inicial as plântulas são mais dependentes das reservas das sementes e são menos afetadas pelo meio, enquanto plântulas mais velhas, entre 90 e 180

dias, têm maior capacidade de crescer quando há recursos disponíveis e as condições ambientais são favoráveis (Green e Juniper, 2004; Moles e Westoby, 2004; Westoby et al., 1996). Plântulas de *H. succuba* e *H. corymbosa* expostas à inundação inicial recuperaram rapidamente altura e biomassa quando submetidas a condições úmidas durante o período de maior crescimento (90 e 180 dias), se aproximando do tamanho das plantas mantidas em condições úmidas durante todo o experimento. De forma similar, outras espécies de planícies inundáveis recuperaram a altura após 5 a 12 semanas do término do período de inundação, relativo a plantas mantidas em condições não inundadas (Parolin, 2001b). A maior porcentagem de plântulas de *H. succuba* com raízes adventícias e lenticelas quando expostas à inundação entre 90 e 180 dias do que durante os primeiros 90 dias, além do desenvolvimento dessas estruturas em plântulas de *H. corymbosa* apenas quando expostas à inundação entre 90 e 180 dias, também sugerem que plântulas muito jovens são mais dependentes das reservas das sementes enquanto plântulas mais velhas respondem mais ao ambiente, podendo com o tempo acumular mais reservas pra investir na formação de estruturas morfológicas. Portanto, se as plântulas forem expostas à inundação, é preferível que seja logo após sua emergência, ou seja, quando elas têm reservas das sementes para se desenvolverem e estão menos sujeitas às variáveis ambientais, possuindo menor área foliar. Uma questão a ser investigada é se variação na quantidade de reservas das sementes pode representar variação no tempo de resposta das plântulas à inundação.

O desenvolvimento de raízes adventícias e lenticelas pode ter auxiliado na tolerância de *H. succuba* e *H. corymbosa* à inundação. Apesar de plântulas de *R. retusa* terem apresentado tolerância ou até se beneficiado por causa da inundação, a não formação de estruturas morfológicas adaptativas durante o período inundado sugere que mecanismos distintos, como anatômicos e fisiológicos, podem estar envolvidos na capacidade de plântulas desta espécie de tolerarem a inundação.

### **7.3. Fenologia da germinação e estabelecimento de plântulas**

Como as sementes de *R. retusa* e *H. succuba* foram coletadas em agosto, meio da estação seca, estação de dispersão de muitas espécies de campinarana (Coomes e Grubb, 1996), e não apresentaram dormência, em campinaranas sementes começam a germinar com o início das chuvas e as plântulas são naturalmente expostas à inundação após cerca de três meses. Entretanto, o experimento demonstrou que a inundação poucos dias após a emergência das plântulas resultou em melhor sobrevivência e crescimento para *R. retusa*

e melhor crescimento para *H. succuba* do que a inundação após 90 dias. Portanto, a semeadura em áreas de campinarana poderia ser testada em campo no início ou pouco tempo antes do período de inundação, armazenando as sementes durante o final da estação seca e início do período chuvoso. Apesar das sementes terem sido coletadas em agosto, Plumel (1991) observou que a dispersão de sementes de *H. succuba*   descont ua e irregular, assim, como as sementes desta espécie foram capazes de germinar na água, elas seriam capazes de germinar durante toda a estação chuvosa quando dispersas em outras épocas do ano. Por haver variação anual na precipitação e na inundação em áreas de campinarana, uma estratégia seria semear ao longo da estação chuvosa para distribuir o risco de insucesso.

As sementes de *H. corymbosa* foram coletadas em fevereiro, período de inundação em campinaranas, apresentaram dormência, foram capazes de germinar na água e de sobreviver por pelo menos dois meses, mesmo submersas. É esperado que as sementes de *H. corymbosa* germinem assincronicamente ao longo da estação chuvosa em campinaranas, inclusive durante o período de inundação. Como não houve diferença significativa de crescimento entre plântulas inundadas inicialmente ou expostas posteriormente   seca, a semeadura de acordo com a fenologia de dispersão ou em qualquer época adequada para a logística da restauração pode ser testada em campo.

#### **7.4. Futuras pesquisas e implicações para a restauração**

Futuros estudos deveriam avaliar o crescimento e a sobrevivência para uma maior diversidade de espécies, uma vez que no presente estudo as espécies tiveram comportamento distinto em relação ao melhor tratamento de regime hídrico. Diferentes respostas podem ser encontradas com a inclusão de espécies com outras características funcionais, como diferentes tamanhos de sementes, épocas de dispersão e dormência de sementes. Os resultados encontrados apenas subsidiam o planejamento de experimentos de restauração ecológica em campinaranas, considerando que o presente estudo foi realizado em laboratório e casa de vegetação. Estudos em campo e durante períodos mais longos irão confirmar a melhor época de plantio de sementes e mudas, partindo das informações geradas neste estudo.

Não   possível assegurar que o regime de déficit hídrico na casa de vegetação seja similar ao do campo, uma vez que não foi medido o potencial hídrico em campo nem na casa de vegetação. Dito isso, os resultados deste estudo mostraram que para todas as espécies a sobrevivência e o crescimento de plântulas expostas à seca ou   inundação

entre os 90 e 180 não foram diferentes, sugerindo que a magnitude dos efeitos da seca é similar a dos efeitos da inundação. Com isso, a sementeira realizada no final da estação chuvosa (abril), após o período de inundação, não seria mais prejudicial para o crescimento e a sobrevivência de plântulas das espécies estudadas, durante aproximadamente os seus primeiros seis meses de desenvolvimento, do que a sementeira realizada no início da estação chuvosa (outubro).

O plantio de mudas de *H. sucuuba* no início (outubro) da estação chuvosa ou no final (abril) desta estação, logo após o período de inundação, poderia favorecer o desenvolvimento das plântulas ao evitar que elas passem por estresse hídrico durante os primeiros meses de vida. Outra possibilidade seria realizar a sementeira de *H. sucuuba* pouco tempo antes do período de inundação, que se inicia em janeiro, para que as plântulas sejam inundadas logo no início do seu desenvolvimento.

O plantio de *H. corymbosa* poderia ser realizado a partir de mudas ou sementes ao longo da maior parte da estação chuvosa, porém evitando-se a sementeira no início da estação chuvosa (outubro) ou o plantio de mudas no meio desta estação (janeiro), ou seja, no início do período de inundação, para com isso evitar que plântulas sejam inundadas a partir de aproximadamente três meses de vida. Manejar a dormência de *H. corymbosa* quebrando a dormência de parte das sementes e semeando outras sem quebrar a dormência pode contribuir para diminuir o risco de mortalidade das sementes diante de condições adversas de seca e inundação, evitando que todas elas sejam expostas aos mesmos riscos.

A sementeira de *R. retusa* pouco tempo antes do período de inundação, que inicia-se em janeiro, poderia favorecer o estabelecimento de plântulas, que com isso seriam inundadas no seu estágio inicial de desenvolvimento. Como plântulas de *R. retusa* cresceram somente 5 cm de altura e tiveram mortalidade de cerca de 50% após seis meses no melhor tratamento, uma estratégia para aumentar as chances de estabelecimento em campo seria plantar alta densidade de sementes desta espécie. Apesar do crescimento muito lento e de significativa mortalidade de plântulas no presente estudo, *R. retusa* é uma espécie típica e dominante em áreas de campinarana do rio Madeira, onde pode representar até 50% dos indivíduos arbóreos (Perigolo, 2014). Assim, o plantio de *R. retusa* será fundamental para a restauração ecológica de campinaranas da região.

## **8. REFERÊNCIAS**

- AABP Atrium, 2019. Atrium Biodiversity Information System for the Andes to Amazon Biodiversity Program at the Botanical Research Institute of Texas. <http://atrium.andesamazon.org>. (accessed 1 May 2019).
- Adeney, J.M., 2009. Remote Sensing of Fire, Flooding, and White Sand Ecosystems in the Amazon. Doctor Diss., Duke Univ.
- Adeney, J.M., Christensen, N.L., Vicentini, A., Cohn-Haft, M., 2016. White-sand Ecosystems in Amazonia. *Biotropica* 48, 7–23.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2018. HIDROWEB: Dados Hidrológicos. [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf) (acessado 1 Maio 2019).
- Anderson, A.B., 1981. White-Sand Vegetation of Brazilian Amazonia. *Biotropica* 13, 199–210.
- Anderson, A.B., Prance, G.T., Albuquerque, B.W.P. de, 1975. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas - III A vegetação lenhosa da Campina da Reserva Biológica INPA- SUFRAMA. *Acta Amaz.* 5, 225–246.
- Andrade, A.C.S.D.A., Ramos, F.N., Souza, A.F. de, Loureiro, M.B., Bastos, R., 1999. Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. *Rev. Bras. Botânica* 22, 281–285.
- Andrade, M. de A., Central, A., Assis, R.L. De, Wittmann, F., Schöngart, J., Piedade, M.T.F., 2008. Padrões de regeneração em clareiras de origem antrópica na várzea da RDS Mamirauá, Amazônia Central. *UAKARI* 4, 19–32.
- Armbrüster, N., Müller, E., Parolin, P., 2004. Contrasting responses of two Amazonian floodplain trees to hydrological changes. *Ecotropica* 10, 73–84.
- Armstrong, W., Brandle, R., Jackson, M.B., 1994. Mechanisms of Flood Tolerance in Plants. *Acta Bot. Neerl.* 43, 307–358. doi:10.1111/j.1438-8677.1994.tb00756.x
- Braga, P.I.S., 1979. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. *Acta Amaz.* 9, 53–80.
- Brasil, 2009. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília.
- Bruce, T.J.A., Matthes, M.C., Napier, J.A., Pickett, J.A., 2007. Stressful ““memories”” of plants: Evidence and possible mechanisms. *Plant Sci.* 173, 603–608. doi:10.1016/j.plantsci.2007.09.002
- Campos-Filho, E.M., Costa, J.N.M.N. da, Sousa, O.L. de, Junqueira, R.G.P., 2013.

- Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. *J. Sustain. For.* 32, 702–727. doi:10.1080/10549811.2013.817341
- Castro, D.J.L. de, 2012. Características funcionais de espécies arbóreas de diferentes estádios sucessionais na várzea da amazônia central. Diss. Mestrado, Instit. Nac. Pesq. Amaz.
- Cochrane, T.T., Cochrane, T.A., 2010. Amazon Forest & Savanna Lands: A guide to the climates, vegetation, landscapes and soils of central tropical South America. Create Space, Scotts Valley.
- Condé, T.M., Tonini, H., 2013. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. *Acta Amaz.* 43, 247–260.
- Conserva, A. dos S., 2006. Germinação de sementes, emergência e recrutamento de plântulas de dez espécies arbóreas das várzeas da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã e Mamirauá, Amazônia Central. Tese Doutorado, Instit. Nac. Pesq. Amaz. / Univ. Amazonas.
- Coomes, D.A., Grubb, P.J., 1996. Amazonian caatinga and related communities at La Esmeralda, Venezuela: forest structure, physiognomy and floristics, and control by soil factors. *Vegetatio* 122, 167–191.
- Costa, R.B. da, Contini, A.Z., Melo, E.S. de P., 2003. Sistema reprodutivo de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg e *Vochysia haenkiana* (Spreng.) Mart. em fragmento de cerrado na Chapada dos Guimarães - MT. *Ciência Rural* 33, 305–310.
- Daly, D.C., Silveira, M., Medeiros, H., Castro, W., Obermuller, F.A., 2016. The White-sand Vegetation of Acre, Brazil. *Biotropica* 48, 81–89.
- Dezzeo, N., Worbes, M., Ishii, I., Herrera, R., 2003. Annual tree rings revealed by radiocarbon dating in seasonally flooded forest of the Mapire River, a tributary of the lower Orinoco River, Venezuela. *Plant Ecol.* 168, 165–175.
- Draper, F.C., Roucoux, K.H., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Coronado, E.N.H., Lähteenoja, O., Montenegro, L.T., Sandoval, E.V., Zaráte, R., Baker, T.R., 2014. The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environ. Res. Lett.* 9. doi:10.1088/1748-9326/9/12/124017
- EMBRAPA, 2011. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA, 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos, Brasília.
- Engelbrecht, B.M.J., Comita, L.S., Condit, R., Kursar, T.A., Tyree, M.T., Turner, B.L.,

- Hubbell, S.P., 2007a. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature* 447, 80–83. doi:10.1038/nature05747
- Engelbrecht, B.M.J., Kursar, T.A., 2003. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. *Oecologia* 136, 383–393. doi:10.1007/s00442-003-1290-8
- Engelbrecht, B.M.J., Tyree, M.T., Kursar, T.A., 2007b. Visual assessment of wilting as a measure of leaf water potential and seedling drought survival. *J. Trop. Ecol.* 23, 497–500. doi:10.1017/S026646740700421X
- Ferreira, C. da S., Piedade, M.T.F., Bonates, L.C., 2006. Germinação de sementes e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus sucuuba* (Spruce) Wood. em resposta ao alagamento, nas várzeas da Amazônia Central. *Acta Amaz.* 36, 413–418.
- Ferreira, C., Piedade, M.T.F., Parolin, P., Barbosa, K.M., 2005. Tolerância de *Himatanthus sucuuba* Wood. (Apocynaceae) ao alagamento na Amazônia Central. *Acta Bot. Brasilica* 19, 425–429.
- Ferreira, C.A.C., 2009. Análise comparativa do ecossistema campina na Amazônia brasileira. Tese Doutorado, Instit. Nac. Pesq. Amaz. / Univ. Amazonas.
- Ferreira, C.S., Piedade, M.T.F., Junk, W.J., Parolin, P., 2007. Floodplain and upland populations of Amazonian *Himatanthus sucuuba*: Effects of flooding on germination, seedling growth and mortality. *Environ. Exp. Bot.* 60, 477–483. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.01.005
- Ferreira, L. V, Chaves, P.P., Cunha, D. de A., Rosário, A.S. do, Parolin, P., 2013. A extração ilegal de areia como causa do desaparecimento de campinas e campinaranas no Estado do Pará, Brasil. *Pesqui. Botânica* 64, 157–173.
- Figueiredo, R.A. de, Oliveira, A.A. de, Zacharias, M.A., Barbosa, S.M., Pereira, F.F., Cazela, G.N., Viana, J.P., Camargo, R.A. de, 2008. Reproductive ecology of the exotic tree *Muntingia calabura* L. (Muntingiaceae) in southeastern Brazil. *Rev. Árvore* 32, 993–999.
- Fine, P.V.A., García-Villacorta, R., Pitman, N.C.A., Mesones, I., Kembel, S.W., 2010. A Floristic Study of the White-Sand Forests of Peru. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 97, 283–305. doi:10.3417/2008068
- Fleming, T.H., Williams, C.F., Bonaccorso, F.J., Herbst, L.H., 1985. Phenology, seed dispersal, and colonization in *Muntingia calabura*, a neotropical pioneer tree. *Am. J. Bot.* 72, 383–391.
- Gama, J.R. V, Botelho, S.A., Bentes-Gama, M. de M., Scolforo, J.R.S., 2003. Estrutura



- e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. *Ciência Florest.* 13, 71–82.
- Gibbs, J., Greenway, H., 2003. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism. *Funct. Plant Biol.* 30, 1–47.
- Gonçalves, J.F. de C., Melo, E.G. de F., Ferreira, M.J., Silva, C.E.M. da S., Gomes, I.B., 2013. Crescimento, partição de biomassa e fotossíntese em plantas jovens de *Genipa spruceana* submetidas ao alagamento. *Cerne* 19, 193–200.
- Green, P.T., Juniper, P.A., 2004. Seed–seedling allometry in tropical rain forest trees: seed mass-related patterns of resource allocation and the ‘reserve effect’. *J. Ecol.* 92, 397–408.
- Haase, K., Simone, O.D.E., Junk, W.J., Schmidt, W., 2003. Internal oxygen transport in cutting from flood-adapted várzea tree species. *Tree Physiol.* 23, 1069–1076. doi:10.1093/treephys/23.15.1069
- Higuchi, M.I.G., Higuchi, N., 2012. A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental. INPA, Manaus.
- Jones, R.H., Sharitz, R.R., 1998. Survival and growth of woody plant seedlings in the understory of floodplain forests in South Carolina. *J. Ecol.* 86, 574–587.
- Junk, W.J., 1989. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains, in: HolmNielsen, L.B., Nielsen, I.C., Balsley, H. (Eds.), *Tropical forests: botanical dynamics, speciation, and diversity*. Academic Press, Orlando, pp. 47–64. doi:10.1016/B978-0-12-353550-4.50012-5
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E., 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems, in: Dodge, D.P. (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106, pp. 110–127.
- Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L.D., Bozelli, R.L., Esteves, F.A., Cunha, C.N. da, Maltchik, L., Schöngart, J., Schaeffer-Novelli, Y., Agostinho, A.A., 2014a. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 24, 5–22. doi:10.1002/aqc.2386
- 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., Schaeffer-Novelli, Y., Agostinho, A.A., Nóbrega, R.L.B., 2014b. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável, in: Cunha, C.N., Piedade, M.T.F., Junk,

- W.J. (Org.), *Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats*. UFMT, Cuiabá.
- 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. doi:10.1007/s13157-011-0190-7
- Kozłowski, T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiol. Monogr.* 1, 1–29.
- Kozłowski, T.T., 1984. Responses to Flooding of Soil. *Bioscience* 34, 162–167.
- Kozłowski, T.T., Pallardy, S.G., 2002. Acclimation and Adaptive Responses of Woody Plants to Environmental Stresses. *Bot. Rev.* 68, 270–334.
- Kozłowski, T.T., Pallardy, S.G., 1997. *Growth control in woody plants*. Academic Press, San Diego.
- Kristiansen, T., Svenning, J., Pedersen, D., Eiserhardt, W.L., Balslev, H., 2011. Local and regional palm (Arecaceae) species richness patterns and their cross-scale determinants in the western Amazon. *J. Ecol.* 99, 1001–1015. doi:10.1111/j.1365-2745.2011.01834.x
- Krzywicka, A.E., Pociask, G.E., Grimley, D.A., Matthews, J.W., 2017. Hydrology and soil magnetic susceptibility as predictors of planted tree survival in a restored floodplain forest. *Ecol. Eng.* 103, 275–287. doi:10.1016/j.ecoleng.2017.04.011
- Kubitzki, K., Ziburski, A., 1994. Seed Dispersal in Flood Plain Forests of Amazonia. *Biotropica* 26, 30–43.
- Kumar, S., Anderson, S.H., Udawatta, R.P., 2010. Agroforestry and Grass Buffer Influences on Macropores Measured by Computed Tomography under Grazed Pasture Systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74, 203–212. doi:10.2136/sssaj2008.0409
- Lähteenoja, O., Ruokolainen, K., Schulman, L., Alvarez, J., 2009. Amazonian floodplains harbour minerotrophic and ombrotrophic peatlands. *Catena* 79, 140–145. doi:10.1016/j.catena.2009.06.006
- Lampela, M., Jauhiainen, J., Sarkkola, S., Vasander, H., 2018. To treat or not to treat? The seedling performance of native tree species for reforestation on degraded tropical peatlands of SE Asia. *For. Ecol. Manage.* 429, 217–225. doi:10.1016/j.foreco.2018.06.029
- Lampela, M., Jauhiainen, J., Sarkkola, S., Vasander, H., 2017. Promising native tree species for reforestation of degraded tropical peatlands. *For. Ecol. Manage.* 394, 52–63. doi:10.1016/j.foreco.2016.12.004

- Lima, R.B. de A., Silva, J.A.A. da, Marangon, L.C., Ferreira, R.L.C., Silva, R.K.S. da, 2011. Sucessão ecológica de um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Carauari, Amazonas. *Pesqui. Florest. Bras.* 31, 161–172. doi:10.4336/2011.pfb.31.67.161
- Lisbôa, P.L., 1975. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas - II Observações gerais e revisão bibliográfica sobre as campinas amazônicas de areia branca. *Acta Amaz.* 5, 211–223.
- Lobo, P.C., Joly, C.A., 1998. Tolerance to hyoxia and anoxia in neotropical tree species, in: Scarano, F.R., Franco, A.C. (Eds.), *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics*. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 137–156.
- Löf, M., Dey, D.C., Navarro, R.M., Jacobs, D.F., 2012. Mechanical site preparation for forest restoration. *New For.* 43, 825–848. doi:10.1007/s11056-012-9332-x
- Lopez, O.R., 2001. Seed flotation and postflooding germination in tropical terra firme and seasonally flooded forest species. *Funct. Ecol.* 15, 763–771.
- Lorenzi, H., 2017. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Plantarum, Nova Odessa.
- Lucas, C.M., Mekdeçe, F., Nascimento, C.M.N., Holanda, A.-S.S., Braga, J., Dias, S., Sousa, S., Rosa, P.S., Suemitsu, C., 2012. Effects of short-term and prolonged saturation on seed germination of Amazonian floodplain forest species. *Aquat. Bot.* 99, 49–55. doi:10.1016/j.aquabot.2012.02.004
- Luize, B.G., Silva, T.S.F., Wittmann, F., Assis, R.L., Venticinque, E.M., 2015. Effects of the Flooding Gradient on Tree Community Diversity in Várzea Forests of the Purus River, Central Amazon, Brazil. *Biotropica* 0, 1–6.
- Macedo, M., 1977. Dispersão de plantas lenhosas de uma Campina Amazônica. *Acta Amaz.* 7.
- McKevlin, M.R., Hook, D.D., Mckee, W.H., 1995. Growth and nutrient use efficiency of water tupelo seedlings in flooded and well-drained soils. *Tree Physiol.* 15, 753-758.
- Melack, J.M., Hess, L.L., 2010. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin, in: Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin P. (Eds.), *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Ecology, Biodiversity and Sustainable Management*. Springer, New York, pp. 43-59.
- Melo, R.B. De, Franco, A.C., Silva, C.O., Piedade, M.T.F., Ferreira, C.S., 2015. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. *AoB Plants* 7, 1–12.

doi:10.1093/aobpla/plv041

- Mertes, L.A.K., Daniel, D.L., Melack, J.M., Nelson, B., Martinelli, A., Forsberg, B.R., 1995. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective. *Geomorphology* 13, 215–232.
- Meyfroidt, P., Lambin, E.F., 2011. Global Forest Transition: Prospects for an End to Deforestation. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 36, 343–371. doi:10.1146/annurev-environ-090710-143732
- Milhomem, M.E. V, Vale, V.S. do, Araújo, G.M., 2013. Estrutura do estrato arbóreo e regenerativo de um fragmento de floresta semidecidual em Itumbiara, GO. *Ciência Florest.* 23, 679–690.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2007. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Moles, A.T., Westoby, M., 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *J. Ecol.* 92, 372–383. doi:10.1111/j.0022-0477.2004.00884.x
- Montero, J.C., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., 2012. Floristic variation across 600 km of inundation forests (Igapó) along the Negro River, Central Amazonia. *Hydrobiologia* 729, 229–246. doi:10.1007/s10750-012-1381-9
- Moser, P., 2018. Dinâmica e características funcionais de comunidades arbóreas no Sudoeste da Amazônia: avaliando os impactos de uma grande hidrelétrica. Tese Doutorado, Univ. Brasília.
- Moser, P., 2013. Vegetação arbórea e sua relação com fatores ambientais e espaciais em florestas de terra firme no noroeste de Rondônia, Brasil. Diss. Mestrado, Univ. Brasília.
- Oliveira-Wittmann, A. de, Lopes, A., Conserva, A. dos S., Wittmann, F., Piedade, M.T.F., 2010. Seed Germination and Seedling Establishment of Amazonian Floodplain Trees, 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, pp. 259-280. doi:10.1007/978-90-481-8725-6
- Oliveira-Wittmann, A. de, Piedade, M.T.F., Parolin, P., Wittmann, F., 2007. Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia. *Aquat. Bot.* 86, 197–203.

doi:10.1016/j.aquabot.2006.10.001

- Parolin, P., 2009. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. *Ann. Bot.* 103, 359–376. doi:10.1093/aob/mcn216
- Parolin, P., 2001a. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian floodplains. *Aquat. Bot.* 70, 89–103.
- Parolin, P., 2001b. Morphological and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. *Oecologia* 128, 326–335. doi:10.1007/s004420100660
- Parolin, P., 2000. Phenology and CO<sub>2</sub>-assimilation of trees in Central Amazonian floodplains. *J. Trop. Ecol.* 16, 465–473. doi:10.1017/S0266467400001516
- Parolin, P., Ferreira, L. V., Junk, W.J., 2003. Germination characteristics and establishment of trees from central Amazonian flood plains. *Trop. Ecol.* 44, 157–169.
- Parolin, P., Junk, W.J., 2002. The effect of submergence on seed germination in trees from Amazonian floodplains. *Bol. do Mus. Para. Emilio Goeldi Ser. Bot.* 18, 321–329.
- Parolin, P., Lucas, C., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., 2010. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *Ann. Bot.* 105, 129–139. doi:10.1093/aob/mcp258
- Parolin, P., Simone, O., Haase, K., Waldhoff, D., Rottenberger, S., Kuhn, U., Kesselmeier, J., Kleiss, B., Schmidt, W., Piedade, M.T.F., Junk, W.J., 2004. Central Amazonian Floodplain Forests: Tree Adaptations in a Pulsing System. *Bot. Rev.* 70, 357–380.
- Parolin, P., Wittmann, F., 2010. Struggle in the flood: tree responses to flooding stress in four tropical floodplain systems. *Struggl. flood tree responses to flooding Stress four Trop. floodplain Syst.* 1–19. doi:10.1093/aobpla/plq003
- Perigolo, N.A., 2014. Caracterização dos tipos vegetacionais do médio rio Madeira, Rondônia. Universidade de Brasília. Diss. Mestrado, Univ. Brasília.
- Pezeshki, S.R., DeLaune, R.D., Anderson, P.H., 2008. Effect of flooding on elemental uptake and biomass allocation in seedlings of three bottomland tree species. *J. Plant Nutr.* 22, 1481–1494. doi:10.1080/01904169909365729
- Piedade, M.T.F., Schöngart, J., Wittmann, F., Parolin, P., Junk, W.J., 2012. Impactos

- ecológicos da inundação e seca na vegetação das áreas alagáveis amazônicas, in: Eventos climáticos extremos na Amazônia: causas e consequências. pp. 405–457
- Pires, J.M., Prance, G.T., 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon, in: Prance, G.T., Lovejoy, T. E. (Eds.), Key Environments: Amazonia. Pergamon Press, Oxford, pp. 109-145.
- Pires, L.F., Bacchi, O.O.S., Correchel, V., Reichadt, K., Filippé, J., 2009. Riparian forest potential to retain sediment and carbon evaluated by the  $^{137}\text{Cs}$  fallout and carbon isotopic ratio techniques. *Ann. Brazilian Acad. Sci.* 81, 271–279.
- Plumel, M.M., 1991. Le genre *Himatanthus* (Apocynaceae) révision taxonomique. *Bradea* 5, 1-118.
- Prance, G.T., 1996. Islands in Amazon. *Philos. Trans. R. Soc. London* 351, 823–833.
- Prance, G.T., Schubart, H.O.R., 1978. Notes on the Vegetation of Amazonia I. A Preliminary Note on the Origin of the Open White Sand Campinas of the Lower Rio Negro. *Brittonia* 30, 60–63. doi:10.1590/1809-43921977074567
- Reich, P.B., Borchert, R., 1982. Phenology and Ecophysiology of the Tropical Tree, *Tabebuia Neochrysantha*. *Ecology* 63, 294–299.
- Rezende, G.M., 2016. Restauração florestal no sul da Amazônia: métodos para romper barreiras à regeneração natural. Diss. Mestrado, Univ. Brasília.
- Rezende, G.M.; Vieira, D.L.M. 2019. Forest restoration in southern Amazonia: Soil preparation triggers natural regeneration. *For. Ecol. Manage.* 433, 93-104.
- Rodríguez, L., Escala, M., Sanoja, E., 2014. Morfología y anatomía de diásporas de especies de la familia Vochysiaceae y su relación con su diseminación. *Pittieria* 38, 59–81.
- Roquemore, J.D., Hudson, H.W., Atkinson, R.B., Perry, J.E., 2014. Survival and growth of seven tree species from three stocktypes planted in created wetlands in Loudoun County, Virginia. *Ecol. Eng.* 64, 408–414. doi:10.1016/j.ecoleng.2014.01.001
- Roucoux, K.H., Lawson, I.T., Jones, T.D., Baker, T.R., Coronado, E.N.H., Gosling, W.D., Lähteenoja, O., 2013. Vegetation development in an Amazonian peatland. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 374, 242–255. doi:10.1016/j.palaeo.2013.01.023
- Ruokolainen, K., Schulman, L., Tuomisto, H., 2001. On Amazonian peatlands. *Int. Mire Conserv. Gr.* 4, 8–10.
- Salemi, L.F., Groppo, J.D., Trevisan, R., Moraes, J.M. De, Lima, W.D.P., Martinelli, L.A., 2011. Aspectos hidrológicos da recuperação florestal de áreas de preservação

- permanente ao longo dos corpos d'água. *Rev. Inst. Florest.* 23, 69–80.
- Scarano, F.R., 1998. A comparison of dispersal, germination and establishment of woody plants subjected to distinct flooding regimes in Brazilian flood-prone forests and estuarine vegetation, in: Scarano, F.R., Franco, A.C. (Eds.), *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics*. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 177–193.
- Scarano, F.R., Crawford, R.M.M., 1992. Ontogeny and the concept of anoxia-tolerance: the case of the Amazonian leguminous tree *Parkia pendula*. *J. Trop. Ecol.* 8, 349–352.
- Scarano, F.R., Pereira, T.S., Rôças, G., 2003. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. *Plant Ecol.* 168, 291–296. doi:10.1023/A
- Scarano, F.R., Ribeiro, K.T., Moraes, R.L.F.D., Lima, H.C. de, 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in southeastern Brazil. *J. Trop. Ecol.* 13, 793–803.
- 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. *J. Trop. Ecol.* 18, 581–597. doi:10.1017/S0266467402002389
- SEDAM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, 2018. Coordenadoria de Recursos Hídricos. <http://coreh.sedam.ro.gov.br/sala-de-situacao/> (acessado 1 Maio 2019).
- Sheikh, P.A., Merry, F.D., Mcgrath, D.G., 2006. Water buffalo and cattle ranching in the Lower Amazon Basin: Comparisons and conflicts. *Agric. Syst.* 87, 313–330. doi:10.1016/j.agsy.2005.02.003
- Sousa, M.M.P. de, 2012. Estrutura e composição das comunidades de árvores na bacia do alto rio Negro. Diss. Mestrado, Instit. Nac. Pesq. Amaz. / Univ. Amazonas.
- Souza, L.A.G. de, 2012. Guia da biodiversidade de fabaceae do Alto Rio Negro. INPA, Manaus.
- Stanturf, J.A., Conner, W.H., Gardiner, E.S., Schweitzer, C.J., Ezell, A.W., 2004. Recognizing and Overcoming Difficult Site Conditions for Afforestation of Bottomland Hardwoods. *Ecol. Restor.* 22, 183–193.
- Stefanello, D., Fernandes-Bulhão, C., Martins, S. V, 2009. Síndromes de dispersão de sementes em três trechos de vegetação ciliar (nascente, meio e foz) ao longo do rio Pindaíba, MT. *Rev. Árvore* 33, 1051–1061.

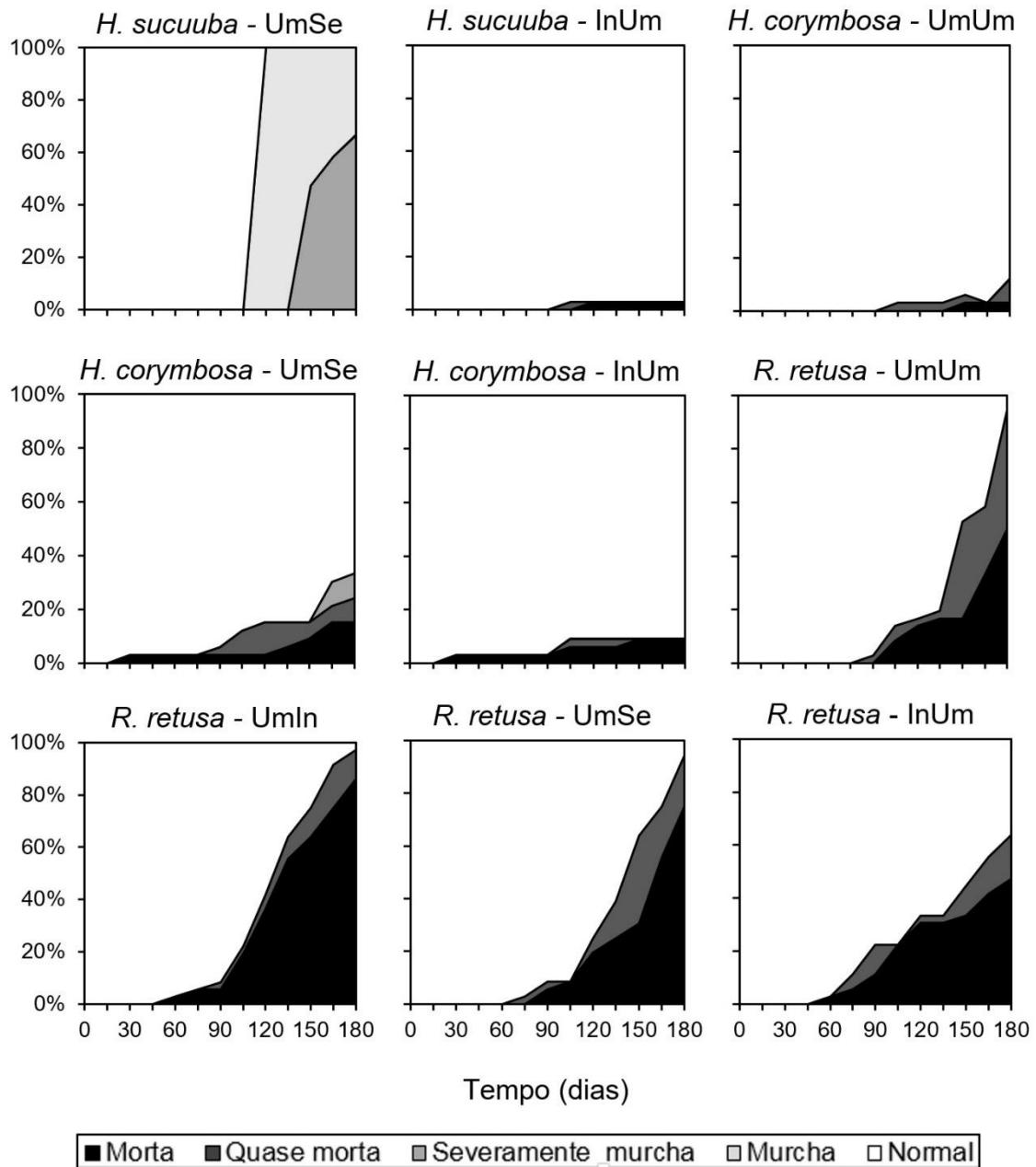
- Taiz, L., Zeiger, E., 2009. *Fisiologia vegetal*, quarta ed. Editorial Artemed, Porto Alegre.
- Tomer, M.D., Dosskey, M.G., Burkart, M.R., James, D.E., Helmers, M.J., Eisenhauer, D.E., 2008. Methods to prioritize placement of riparian buffers for improved water quality. *Agroforest Syst.* 75, 17–25.
- Torrente-Vilara, G., 2009. Heterogeneidade ambiental e diversidade ictiofaunanística do trecho de corredeiras do rio Madeira, Rondônia, Brasil. Tese Doutorado, Instit. Nac. Pesq. Amaz.
- Walter, J., Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., Kreyling, J., 2013. Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes. *Environ. Exp. Bot.* 94, 3–8. doi:10.1016/j.envexpbot.2012.02.009
- Wang, S., Callaway, R.M., Zhou, D., Weiner, J., 2017. Experience of inundation or drought alters the responses of plants to subsequent water conditions. *J. Ecol.* 105, 176–187. doi:10.1111/1365-2745.12649
- Webb, C.J., 1984. Flower and Fruit Movements in *Muntingia calabura*: A Possible Mechanism for Avoidance of Pollinator-Disperser Interference. *Biotropica* 16, 37–42.
- Westoby, M., Leishman, M., Lord, J., 1996. Comparative ecology of seed size and dispersal. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 351, 1309–1318.
- Wittmann, F., Anhuf, D., Junk, W.J., 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *J. Trop. Ecol.* 18, 805–820. doi:10.1017/S0266467402002523
- Wittmann, F., Schöngart, J., Junk, W.J., 2010. Phytogeography, Species Diversity, Community Structure and Dynamics of Central Amazonian Floodplain Forests, in: Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J., P. Parolin (Eds.), *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Ecological Studies 210. Springer, Heidelberg, pp. 61–102. doi:10.1007/978-90-481-8725-6
- Wittmann, F., Schöngart, J., Montero, J.C., Motzer, T., Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Queiroz, H.L., Worbes, M., 2006. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin. *J. Biogeogr.* 33, 1334–1347. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01495.x
- Worbes, M., 1997. The Forest Ecosystem of the Floodplains, in: Junk, W.J. (Ed.), *The central Amazon floodplain, ecology of a pulsing system*. Springer, Berlin, pp. 223–265.



## ANEXOS

### ANEXO 1

Porcentagens de plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa* em diferentes estágios de murchamento ao longo de 180 dias de experimento, sob diferentes tratamentos: UmUm - úmido seguido por úmido; UmIn - úmido seguido por inundação; UmSe - úmido seguido por seca; InUm - inundação seguido por úmido. Diferentes sombreadamentos referem-se a diferentes estágios de murchamento.



## ANEXO 2

Valores médios de biomassa parcial (g) de plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa* aos 90 e 180 dias de experimento, sob diferentes tratamentos: UmUm- úmido seguido por úmido; UmIn- úmido seguido por inundação; UmSe- úmido seguido por seca; InUm- inundação seguido por úmido. Para cada parte das plântulas (raízes, caule e folhas): letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Não houve interação tempo  $\times$  tratamento para o caule de *H. corymbosa* e para nenhuma das partes de *R. retusa*.

Tratamentos	Raízes (g)		Caule (g)		Folhas (g)	
	90 d	180 d	90 d	180 d	90 d	180 d
<b><i>H. sucuuba</i></b>						
UmUm	0,201 D	1,808 A	0,116 D	1,576 A	0,414 D	3,717 A
UmIn	0,184 D	0,414 C	0,118 D	0,610 B	0,376 D	0,907 C
UmSe	0,194 D	0,715 BC	0,116 D	0,319 C	0,373 D	0,973 C
InUm	0,070 E	0,874 B	0,127 D	0,820 B	0,168 E	2,083 B
<b><i>H. corymbosa</i></b>						
UmUm	0,077 C	1,327 A	0,068	0,936	0,217 C	1,829 A
UmIn	0,081 C	0,145 BC	0,071	0,360	0,217 C	0,529 BC
UmSe	0,075 C	0,722 A	0,071	0,593	0,222 C	1,053 AB
InUm	0,002 D	0,466 AB	0,026	0,352	0,028 D	0,894 AB
<b><i>R. retusa</i></b>						
UmUm	0,003	0,012	0,002	0,008	0,002	0,005
UmIn	0,005	0,013	0,001	0,011	0,002	0,009
UmSe	0,005	0,014	0,001	0,008	0,002	0,003
InUm	0,005	0,019	0,007	0,019	0,010	0,017

### ANEXO 3

Resultados da ANOVA para os principais efeitos e suas interações para as variáveis resposta biomassa de raízes, de caule e de folhas em plântulas de *Himatanthus sucuuba*, *Hydrochorea corymbosa* e *Ruizterania retusa*. GL: Graus de liberdade. Os dados de biomassa de raízes, de caule e de folhas para *H. sucuuba* e *H. corymbosa* e de biomassa de folhas para *R. retusa* foram submetidos à transformação logarítmica.

	GL	<i>H. sucuuba</i>		<i>H. corymbosa</i>		<i>R. retusa</i>	
		F	P	F	P	F	P
<b>Biomassa de raízes</b>							
Tratamento	3	20,23	<0,001	57,59	<0,001	1,73	0,168
Tempo	1	401,31	<0,001	239,63	<0,001	32,18	<0,001
Interação	3	20,56	<0,001	57,96	<0,001	0,76	0,521
<b>Biomassa de caule</b>							
Tratamento	3	20,47	<0,001	6,08	<0,001	15,64	<0,001
Tempo	1	540,17	<0,001	177,77	<0,001	53,08	<0,001
Interação	3	18,08	<0,001	2,16	0,098	1,61	0,194
<b>Biomassa de folhas</b>							
Tratamento	3	27,24	<0,001	19,27	<0,001	7,26	<0,001
Tempo	1	596,97	<0,001	216,25	<0,001	4,29	0,042
Interação	3	31,70	<0,001	19,80	<0,001	0,54	0,655