



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**JARDEL DIEGO BARBOSA RODRIGUES**

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* Schum.) SUBMETIDAS À INUNDAÇÃO**

**BELÉM**  
**2016**

JARDEL DIEGO BARBOSA RODRIGUES

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* Schum.) SUBMETIDAS À INUNDAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Área de Concentração: Melhoramento Genético Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Lázaro Moraes da Cunha.

Co-orientador: Dr. Rafael Moysés Alves.

BELÉM

2016

---

Rodrigues, Jardel Diego Barbosa

Avaliação e seleção de progênies de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.) submetidas à inundação. / Jardel Diego Barbosa Rodrigues. – Belém, 2016.

55 f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.

Orientador: Raimundo Lázaro Moraes da Cunha

1. Fruticultura tropical 2. Cupuaçu - análise morfológica 3. Cupuaçuzeiro - inundação - tolerância 4. Desenvolvimento vegetativo 4. Estresse abiótico 5. I. Cunha, Raimundo Lázaro Moraes da, Orient. II. Título

---

CDD – 634.68

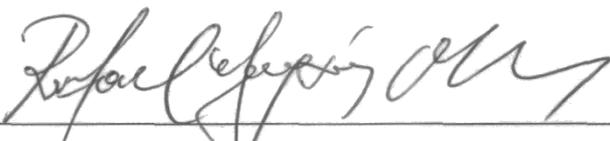
JARDEL DIEGO BARBOSA RODRIGUES

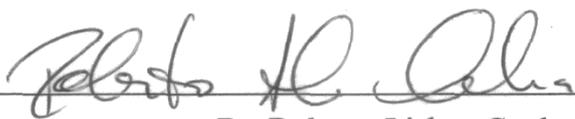
AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* Schum.) SUBMETIDAS À INUNDAÇÃO

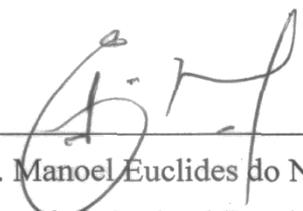
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma.  
Área de Concentração: Melhoramento Genético Vegetal.

Data da Aprovação: 04/02/2016

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Co-orientador  
Dr. Rafael Moysés Alves  
Embrapa Amazônia Oriental

  
\_\_\_\_\_  
Membro 1  
Dr. Roberto Lisboa Cunha  
Embrapa Amazônia Oriental

  
\_\_\_\_\_  
Membro 2  
Dr. Manoel Euclides do Nascimento  
Universidade Federal Rural da Amazônia

Aos meus pais, José J. Rodrigues e Anny S. M. Barbosa, e irmãos, por todo apoio que sempre deram às minhas decisões, sem eles certamente o caminho para essa vitória seria mais difícil.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, bem como por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades;

Aos meus pais, os quais amo muito, pelo carinho, dedicação, paciência e incentivo;

Aos meus familiares que contribuíram na construção dos valores que embasaram a percepção necessária para a elaboração do trabalho aqui concluso;

Aos meus amigos, pelo apoio que serviram de motivação a todos os passos desta caminhada, se tornando fundamental na conquista deste objetivo;

Aos meus colegas de classe, pelas amizades construídas durante os cinco anos de graduação;

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pela oportunidade concedida, pelo curso ministrado e pelo apoio técnico responsável pelo sucesso adquirido na graduação;

Ao meu orientador de estágio na Embrapa, Dr. Rafael Moysés Alves, pela dedicada orientação, pelos conhecimentos compartilhados, pela cumplicidade e pela amizade;

Ao meu orientador do trabalho de conclusão de curso, Prof. Dr. Raimundo Lázaro Moraes da Cunha, pela orientação, pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho.

A Embrapa Amazônia Oriental, pela oportunidade de desenvolver as atividades em seu campus experimental e utilizar das suas instalações, bem como a ajuda dos seus funcionários, em especial Antônio Fontel e Oliveira;

Aos meus colegas de estágio, em especial ao José Raimundo Quadros Fernandes, Amanda Lobato Teixeira e Abel Jamir Ribeiro Bastos, pelo incentivo, ajuda mútua e amizade adquirida no decorrer do estágio;

A todos os demais amigos e colegas, que participaram direta ou indiretamente na realização desse trabalho, meus sinceros muito obrigado.

## RESUMO

O alagamento do solo pode promover alterações no metabolismo celular e causar desvios nas condições ótimas de crescimento das plantas, gerando uma condição de estresse. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do alagamento do solo na sobrevivência, crescimento e no metabolismo de plantas jovens de 16 progênies de cupuaçuzeiro, para selecionar materiais com possíveis mecanismos de tolerância ao alagamento. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjos em esquema fatorial de 16 x 2, com quatro repetições e uma planta por unidade amostral. Os tratamentos foram 16 progênies de cupuaçuzeiro e os dois regimes hídricos (alagado e controle). Foram analisadas variáveis morfológicas e fisiológicas durante 45 dias com mensuração realizada a cada dez dias. O estudo identificou que as plantas desenvolveram mecanismos adaptativos, estruturas morfológicas como lenticelas hipertróficas e raízes adventícias, que lhes propiciaram tolerância à inundação. Nessas condições as melhores médias para desenvolvimento vegetativo foram obtidas pelas progênies 47 e 57. Verificou-se que o alagamento do substrato por 45 dias, provocou um aumento na quantidade de fitomassa de todas as frações (folha, caule e raiz), bem como incrementos significativo na taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa assimilatória líquida (TAL) e acúmulo de matéria seca (AMS). As progênies 32, 42, 46, 57 e 215 apresentaram, em geral, os maiores valores para essas variáveis. Em contrapartida, foram observados reduções nos valores de taxa transpiratória foliar (E), com 56,25% dos materiais apresentando decréscimo a partir do 10º dia de inundação, e de condutância estomática (gs), com reduções após a primeira semana de estresse. As progênies 32, 42, 46, 47, 57 e 215, por apresentarem os maiores valores médios para a maioria dos parâmetros avaliados, demonstraram maior tolerância ao estresse hídrico por alagamento do substrato, mesmo apresentando alterações em seu comportamento fisiológico. Já os materiais 44, 48 e 1074 mostraram serem menos tolerantes a esse tipo de estresse. No geral, as progênies apresentaram comportamento satisfatório quando submetidas a inundação, o que pode ser um resultado promissor para a seleção de genótipos adaptados a essa condição, especialmente, para compor áreas de proteção permanentes (APPs).

**Palavras-chave:** Fruticultura tropical; Cupuaçu - análise morfológica; Cupuaçuzeiro - inundação - tolerância; Desenvolvimento vegetativo; Estresse abiótico.

## ABSTRACT

The soil waterlogging can promote changes in cell metabolism and cause deviations in the optimal conditions for plant growth, resulting in a stress condition. This study aimed to evaluate the effects of soil waterlogging on survival, growth and metabolism of young plants of 16 progenies of cupuaçu in order to select materials with possible mechanisms of flooding tolerance. The experiment was conducted in a greenhouse at Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, using completely randomized design, arranged in a factorial design 16 x 2, with four replications and one plant per sample unit. The treatments were 16 progenies of cupuaçu and the two water systems (waterlogged and control). Morphological and physiological variables were analyzed for 45 days with measurement performed every ten days. The study identified that plants have developed adaptive mechanisms, morphological structures such as hypertrophic lenticels and adventitious roots, which provided them tolerance to flooding. Under these conditions the best averages for vegetative development were obtained by progenies 47 and 57. It was observed that flooding of the substrate for 45 days caused an increase in the amount of biomass of all fractions (leaf, stem and root), as well as significant increases in the growth rate (TCR), absolute growth rate (TCA), net assimilation rate (TAL) and dry matter (AMS). The progenies 32, 42, 46, 57, and 215 showed, in general, the highest values for these variables. On the other hand, reductions were observed in leaf transpiration rate values (E), with 56.25% of the materials presenting a decrease from the 10th day of flooding, and stomatal conductance (gs), with reductions after the first week of stress. The progenies 32, 42, 46, 47, 57 and 215, for having the highest average values for most of the evaluated parameters showed a higher tolerance to water stress by waterlogging of the substrate, even with changes in their physiological behavior. Already the materials 44, 48 and 1074 shown to be less tolerant to this kind of stress. In overall, the progenies showed satisfactory behavior when submitted to flooding which can be a promising result for the selection of genotypes adapted to this condition, especially, to compose permanent protection areas (APPs).

**Keywords:** Tropical fruit; cupuassu - morphological analysis; *Theobroma grandiflorum* - flooding - tolerance; Vegetative growth; Abiotic stress.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Localização da área experimental. ....	<b>19</b>
<b>Figura 2</b> – Média diária da distribuição por hora de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período experimental. ....	<b>20</b>
<b>Figura 3</b> – Visão geral da sementeira onde foi promovida a germinação de sementes de 16 progênies de cupuaçuzeiro, Belém, PA. 2015. ....	<b>22</b>
<b>Figura 4</b> – Visão geral do experimento mostrando as mudas de cupuaçuzeiro no tratamento controle (a) e submetidas ao alagamento do substrato (b). ....	<b>23</b>
<b>Figura 5</b> – Efeito do nível de estresse hídrico por alagamento na altura da planta (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C) e área foliar total (D) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, Pará, 2015. ....	<b>30</b>
<b>Figura 6</b> – Taxa de crescimento relativo (TCR) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⌊) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo). ....	<b>41</b>
<b>Figura 7</b> – Taxa de crescimento absoluto (TCA) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⌊) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo). ....	<b>42</b>
<b>Figura 8</b> – Taxa assimilatória líquida (TAL) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⌊) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo). ....	<b>43</b>
<b>Figura 9</b> – Acúmulo de matéria seca total (AMS) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⌊) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo). ....	<b>44</b>
<b>Figura 10</b> – Formação de lenticelas hipertróficas (a), formação de raízes adventícias na base do caule (b) e formação de raízes adventícias nas raízes preexistentes (c) das progênies de cupuaçuzeiro durante o período de alagamento, em Belém, PA. 2015. ....	<b>48</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Clones que deram origens às progênies avaliadas e, suas respectivas ancestralidades e procedência. Belém, PA. 2015. ....	<b>21</b>
<b>Tabela 2</b> – Caracterização química e granulométrica do substrato antes da instalação do experimento. ....	<b>22</b>
<b>Tabela 3</b> – Média da massa (m), largura (L), comprimento (C) e espessura (E) das sementes de 16 progênies de cupuaçuzeiro em Belém, PA. 2015. ....	<b>27</b>
<b>Tabela 4</b> – Plântulas normais germinadas (PNG), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), em experimento com 16 progênies de cupuaçuzeiro em Belém, PA. 2015. ....	<b>28</b>
<b>Tabela 5</b> – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 10 dias em Belém, PA. 2015. ....	<b>32</b>
<b>Tabela 6</b> – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 20 dias em Belém, PA. 2015. ....	<b>33</b>
<b>Tabela 7</b> – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 30 dias em Belém, PA. 2015. ....	<b>34</b>
<b>Tabela 8</b> – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. ....	<b>35</b>
<b>Tabela 9</b> – Incremento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, Pará, 2015. ....	<b>37</b>
<b>Tabela 10</b> – Biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênies de cupuaçuzeiro no início do tratamento (t=0) em Belém, PA. 2015. ....	<b>38</b>
<b>Tabela 11</b> – Biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) com 45 dias de tratamento em Belém, PA. 2015. ....	<b>40</b>
<b>Tabela 12</b> – Valores médios da taxa transpiratória foliar ( $E$ , $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) durante 45 dias em Belém, PA. 2015. ....	<b>45</b>
<b>Tabela 13</b> – Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) durante 45 dias em Belém, PA. 2015. ....	<b>47</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
<b>2.1 Aspectos gerais da cultura</b> .....	12
2.1.1 Importância sócio-econômica .....	13
2.1.2 Zona de ocorrência .....	14
2.1.3 Características taxonômicas e botânicas .....	15
2.1.4 Germinação e propagação por semente .....	15
2.1.4.1 Seleção de sementes .....	16
2.1.4.2 Geminção .....	16
2.1.5 Reprodução .....	16
<b>2.2 Estresse por alagamento</b> .....	17
<b>2.3 Adaptações morfo-fisiológicas ao alagamento</b> .....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
<b>3.1 Localização e caracterização da área experimental</b> .....	19
<b>3.2 Climatologia local</b> .....	19
<b>3.3 Material vegetal e condições de cultivo</b> .....	20
<b>3.4 Caracterização do substrato</b> .....	22
<b>3.5 Tratamentos e delineamento experimental</b> .....	23
<b>3.6 Condução do experimento</b> .....	23
3.6.1 Variáveis de acúmulo de biomassa .....	25
3.6.2 Parâmetros fisiológicos .....	26
<b>3.7 Análise estatística</b> .....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>4.1 Germinação das sementes</b> .....	27
4.1.1 Caracterização das sementes .....	27
4.1.2 Taxa de germinação .....	28
<b>4.2 Desenvolvimento vegetativo</b> .....	29
<b>4.3 Variáveis fisiológicas</b> .....	44
<b>4.4 Sobrevivência e Alterações morfológicas</b> .....	48
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	49
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann] pertence à família Malvaceae. Essa espécie frutífera arbórea desponta como uma das fruteiras mais importantes para o desenvolvimento da agricultura na Amazônia Brasileira. Além de ser uma espécie nativa da região, existe um mercado com enorme potencial de expansão (VENTURIERI, 1993).

O Pará é o estado que tem a maior área plantada de cupuaçuzeiro no País, com 12.996 hectares, sendo que o município de Tomé Açu é o maior produtor, seguido por Mojú, Acará e Bujarú, responsáveis por aproximadamente 71% da produção paraense (SAGRI/PA, 2015).

A Embrapa Amazônia Oriental tem promovido o melhoramento genético dessa espécie e obtido variedades com características que garantem, ao mesmo tempo, ótima capacidade de produção de frutos e boa resistência à vassoura de bruxa, doença que causa redução de 70% da produção de cupuaçu no Estado do Pará (ALVES, 2012). A cultivar BRS Carimbó recentemente lançada pela Embrapa Amazônia Oriental, apresenta essas características de boa produção e resistência à vassoura de bruxa. Estima-se que aos oito anos de idade, na fase adulta dos pomares, cada planta dessa cultivar produza, em média, por safra, cerca de 18 frutos com 1.600 gramas cada.

Entretanto, o potencial de produtividade da BRS Carimbó e de outras progênies a serem lançadas no mercado, precisa ser avaliado também em regiões sujeitas a alagamentos decorrente do regime de inundação anual, alternando em um período de enchente e outro de vazamento. A variação nos regimes de inundação é um importante fator de manutenção da diversidade de espécies em uma comunidade de plantas (KOZLOWSKI, 1984; POLLOCK et al., 1998; VERVUREN et al., 2003).

A recuperação e ou a restauração de áreas degradadas na Amazônia, normalmente ocorre através do plantio de espécies nativas. Porém, um dos fatores limitantes para o estabelecimento dessas espécies são as condições adequadas de disponibilidade hídrica.

Devido ao seu grande potencial econômico e ecológico, o cupuaçuzeiro pode ser apontado como uma das espécies promissoras para recuperação de áreas alteradas ou degradadas, especialmente aquelas de preservação permanente. Entretanto, muitas dessas áreas estão sujeitas a inundações ou alternância de períodos de anoxia e arejamento com características abióticas próprias, tais como, fertilidade do solo, temperatura, oxigenação, etc., que atuam como fatores de seleção para a vegetação, determinando sua distribuição (MANTOVANI et al. 1989). Isto ocorre porque o solo tornando-se hipóxico ou anorético,

devido ao excesso de água, leva as raízes a uma situação de estresse, fazendo com que as plantas respondam com maior ou menor eficiência, permitindo distinção entre espécies tolerantes e intolerantes (ARMSTRONG et al. 1994).

No decorrer do processo evolutivo, espécies tolerantes desenvolveram várias estratégias que as capacitaram a ocupar áreas sujeitas à inundação do solo. Dentre estas estratégias, ocorrem alterações morfoanatômicas que auxiliam a aeração interna da planta e alterações metabólicas, com diminuição no consumo de energia, ativação de rotas anaeróbias e menor investimento no crescimento (MEDRI et al., 2002; ALMEIDA; VALLE, 2007).

Algumas respostas das plantas a inundação podem incluir senescência foliar, redução no crescimento de caules e raízes, desenvolvimento de raízes adventícias, formação de aerênquima, hipertrofia de lenticelas e alterações nos pigmentos foliares (PEZESHKI, 2001; MIELKE et al., 2003; COSTA et al., 2006; HERRERA et al., 2008; HENRIQUE et al., 2010). Limitações estomáticas e não estomáticas são responsáveis pelo decréscimo na fotossíntese (KOSLOWSKI, 1997; MEDRI et al., 2007; PARENT et al., 2008). Apesar das condições desfavoráveis, vários estudos mostram que o alagamento não impede completamente a ocorrência de determinados processos fisiológicos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do alagamento do solo, em ambiente controlado, na sobrevivência, crescimento e no metabolismo de plantas jovens de 16 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro para, posteriormente incorpora-las no programa de melhoramento genético da espécie.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais da cultura

A espécie [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng) Schum.], vulgarmente conhecida como cupuaçuzeiro, é uma das mais importantes fruteiras nativas da região amazônica sendo encontrado em matas de terra firme ou várzea. Em condições de cultivo, as árvores podem atingir 6,0 a 8,0 metros de altura e sua copa 7,0 metros de diâmetro. No entanto, em estado silvestre a altura pode ser superior a 20 metros e diâmetro do caule maior que 45 centímetros (VENTURIERI et al., 1985).

O fruto do cupuaçu tem formato e tamanho variado podendo o comprimento medir entre 10 a 40 cm e o peso alcançar entre 300 g a 4,0 kg. Este peso, em média, distribui-se percentualmente da seguinte forma: casca 43,0%, polpa 38,5%, sementes 16% e placenta 2,5%. Apresenta excelente potencial de mercado para exploração da polpa, a qual é mucilaginoso, abundante, ácido, de coloração amarela, creme ou branca, odor ativo e sabor muito agradável, que envolve a semente (PARENTE, 2003). Análises físico-químicas da polpa, realizadas por diversos autores, encontraram os seguintes resultados para alguma das características analisadas:

- Umidade (%) 81,3 a 89,0
- Proteína (%) 0,53 a 1,92
- Gorduras (%) 0,48 a 1,60
- Extrato etérico (%) 0,48 a 2,35
- Cinzas (%) 0,70 a 2,12
- Fibras (% d, wt) 0,50 a 2,47
- Vitamina C (mg/100g) 4,0 a 33,0
- pH 3,2 a 3,6
- Açúcares redutores (%) 2,8 a 3,1
- °Brix 10,5 a 13

Vários produtos são fabricados a partir da polpa, como sucos, sorvetes, cremes, bombons, doces, licores e compotas, além de produtos de beleza (CAVALCANTE, 1991; BARBOSA et al., 1978; CALZAVARA et al., 1984).

Existem de 15 a 50 sementes por fruto do cupuaçuzeiro. Essas sementes, que representam cerca de 16% do peso do fruto, são muito ricas em gordura (57% do peso seco), com uma digestibilidade de 91,1% em seres humanos, é composta principalmente por ácidos oleico e esteáricos (VASCONCELOS et al., 1975), da qual pode ser obtido um produto similar ao chocolate oriundo do cacauzeiro.

As cascas do fruto, quando seca e triturada, têm grande utilidade como adubo (SAID, 2011), podendo oferecer 0,72% de nitrogênio, 0,04% de fósforo e 1,5 % de potássio.

### 2.1.1 Importância sócio-econômica

O cultivo do cupuaçuzeiro em escala comercial ainda é recente. Porém, em tempos passados já era plantado nos quintais das casas de muitos amazônidas. Basicamente, o plantio dessa cultura tem sido realizado em pequenas propriedades rurais, apesar de existirem médias e grandes plantações, normalmente consorciado a outras culturas. Emprega basicamente mão de obra familiar praticamente o ano inteiro, contribuindo para fixação do homem no campo (ALVES, 2002).

Até a década de 70 toda a produção de cupuaçu era oriunda do extrativismo. A partir desse período, a cultura começou a ganhar expressão econômica com a entrada em produção de plantios racionais. A boa aceitação do cupuaçuzeiro, passando de uma atividade eminentemente extrativista, para plantios racionais, está no fato da cultura ter causado impacto ambiental menos drástico que outros cultivos. Isso porque a cultura vem sendo instalada em áreas anteriormente ocupadas por outras espécies, que tiveram problemas de mercado ou fitossanitários. Outro ponto importante nessa contribuição está no fato do cupuaçuzeiro ser uma espécie muito apropriada a sistemas agroflorestais, consorciando-se favoravelmente com várias outras culturas (VENTURIERI, 1993).

A comercialização dos frutos é realizada em feiras e supermercados, entretanto uma vasta rede de microempresários pode ser encontrada nas grandes e médias cidades da região amazônica, que promove a transformação da polpa principalmente em bombons, balas, biscoitos e sorvetes. Atualmente suco e polpa congelada podem ser encontradas em quase todos os mercados do país, beneficiadas por médias e grandes empresas. A utilização de sementes de cupuaçu como um substituto para o cacau, ainda não tornou-se realidade, em razão da carência de pesquisas tecnológicas para disponibilizar um produto mais bem acabado no mercado (CALZAVARA et al., 1984; VENTURIERI, 1993).

A análise de comercialização do cupuaçu na Amazônia brasileira tem demonstrado que o produtor recebe pelo fruto vendido apenas 34,4 a 41,2% do preço pago pelo consumidor final e, pela polpa congelada, somente 26,6% (RODRIGUES; SANTANA, 1997). Em razão da pequena margem de lucro, os produtores têm procurado agregar valor ao produto, processando e comercializando a produção diretamente em restaurantes, supermercados, bares entre outros (CARVALHO et al., 1999).

### 2.1.2 Zona de ocorrência

A distribuição geográfica do cupuaçuzeiro originalmente restringia-se às áreas de floresta nativa ao Sul do rio Amazonas, Oeste do rio Tapajós, incluindo o Sul e Sudeste do Estado do Pará e o Noroeste do Estado do Maranhão. Essa região foi considerada por Cuatrecasas (1964) como o centro de origem da espécie.

No Estado do Pará foi encontrado em matas de terra firme ou em várzea, mais precisamente no Médio Tapajós (Itaituba), no Rio Anapu (Portel), no Rio Xingu (Altamira), no Rio Guamá e no Rio Tocantins (Tucuruí), sendo atualmente distribuída por, praticamente, toda a bacia Amazônica (CARVALHO et al., 1999; SOUZA et al., 1999). A cultura do cupuaçuzeiro se disseminou do seu centro de origem por meio da movimentação das populações indígenas no interior da Amazônia, já que a polpa do fruto foi utilizada por essas civilizações nativas como parte da alimentação (KERR; CLEMENT, 1980).

Contudo, sua fase de domesticação teve início com a coleta de sementes para cultivo em quintais e pequenos plantios sem nenhum critério de seleção, quanto à qualidade e resistência a doenças (ALVES, 2002).

Segundo Diniz et al. (1984), a cultura do cupuaçuzeiro encontra-se distribuída em áreas que possuem uma faixa de temperatura média anual de 24,8 a 27°C, com média máxima de 24,9 a 33°C e média mínima de 20,2 a 23,8°C, umidade relativa do ar com média anual de 77 a 88% e a precipitação pluviométrica anual na faixa de 1.900 a 3.100 mm.

O cupuaçuzeiro se adapta muito bem em ambientes de solos ácidos (LOCATELLI et al., 2004), de textura argilosa ou argilo-arenosa, bem drenados e com boa capacidade de retenção de água (SOUZA, 2007), sendo essencial para elaboração de seiva para a planta e assimilação dos nutrientes disponíveis.

### 2.1.3 Características taxonômicas e botânicas

A espécie *T. grandiflorum* Schum. é diplóide e apresenta  $2n = 20$  cromossomos (CARLETTO, 1946). É semi-umbrófila e destaca-se pela boa adaptação em consórcios com outras espécies perenes, semi-perenes e provisórias (ALVES et al., 2007).

As folhas são simples, alternas, curtas pecioladas, com lâmina verde mais ou menos brilhantes, glabra, na face superior e possui um pó ferrugineo-tomentosa na face inferior (VENTURIERI et al., 1985).

Suas flores crescem nos ramos, sendo pediculares de 3 a 5 cm, de coloração vermelho-escuro, hermafroditas e apresentam barreiras físicas que isolam o estigma das anteras, além de um complexo sistema de auto-incompatibilidade, que torna a espécie obrigatoriamente alógama (VENTURIERI, 1994; ADDISON; TAVARES, 1951; SILVA, 1996; ALVES et al., 1997).

O fruto é uma baga drupácea, com dimensões variando entre 12 e 25 centímetros em comprimento e de 10 a 12 centímetros em diâmetro, pesando em média 1.200g. Seu epicarpo é rígido, lenhoso, porém, facilmente quebrável, recoberto de pelos ferruginosos. O mesocarpo é branco-amarelado, de 4 a 5 milímetros de espessura. O endocarpo, parte comestível, é de coloração amarela ou brancacenta, alcaloides conhecidos pelas suas propriedades estimulantes (HAMMERSTONE JR et al., 1994).

### 2.1.4 Germinação e propagação por semente

Nos cultivos racionais, em pomares de sítios e quintais, os tipos mais utilizados de propagação são os por sementes, pois possibilitam a produção mais rápida de mudas. A caracterização das condições mais apropriadas para a produção de mudas propicia melhores condições para o crescimento inicial em campo, colaborando para o aumento da homogeneidade, sanidade e redução da mortalidade do plantio. A produção de mudas é influenciada por fatores internos de qualidade das sementes e fatores externos, como água, luz, temperatura, oxigênio e agentes patogênicos (BRASIL, 1992; NOMURA et al., 2008).

Tanto no estado nativo quanto nos cultivos racionais, é comum encontrarem-se plantas de cupuaçuzeiro de alta a baixa produtividade. A prática mostra que, para a produção de mudas, devem ser utilizadas sementes provenientes de plantas com boa produção, porte baixo, frutos grandes e isentas de doenças (ANDREOTTI, 1995).

#### 2.1.4.1 Seleção de sementes

As sementes de cupuaçu variam em tamanho, peso e forma. Para propagação do cupuaçuzeiro devem ser retiradas de plantas vigorosas, sadias (sem sintomas de doenças ou pragas, principalmente vassoura de bruxa e broca do fruto), produtivas, com frutos grandes, maduros, sem manchas escuras na casca e bem formadas. Deve-se optar por escolher as sementes maiores e mais pesadas, pois são essas que normalmente produzem mudas mais vigorosas, devendo ser rejeitada as pequenas, danificadas ou chochas. Esse processo de seleção só deve ser realizado após a retirada da polpa que envolve as sementes (SOUZA; SILVA, 1999). Além dos critérios de qualidade física a escolha das sementes precisa ser baseada em recomendação feita pela pesquisa. Em 2002 a Embrapa Amazônia Oriental lançou as primeiras cultivares clonais de cupuaçuzeiro, que tinham como característica principal a resistência a vassoura de bruxa (ALVES; CRUZ, 2003). E posteriormente foi lançada a cultivar BRS Carimbó que possuía maior produtividade e resistência a vassoura de bruxa (ALVES; FERREIRA, 2012).

#### 2.1.4.2 Geminação

Quando beneficiadas adequadamente e colocadas para germinar em condições favoráveis, as sementes de cupuaçu apresentam taxas de germinação acima de 90%. As sementes grandes e mais pesadas, embora não garantam maior percentagem de germinação, são indicativos de bom crescimento em altura das mudas. Assim, a separação das sementes em diversas classes de peso ou tamanho é prática importante no processo de propagação da espécie, pois concorre para a maior uniformidade das mudas no viveiro (SOUZA e SILVA, 1999).

#### 2.1.5 Reprodução

A floração do cupuaçuzeiro ocorre na época mais seca do ano, normalmente de julho a setembro, enquanto que a safra coincide com o período chuvoso, que vai de novembro a junho, atingindo o pico de produção em março (SOUZA, 2007).

O cupuaçuzeiro tem grandes investimentos de flores, no entanto, seus frutos raramente vingam. Somente 0,16% a 1,08% das flores se transformam em frutos maduros (FALCÃO;

LLEBRAS, 1983; SILVA et al., 1996). Alguns genótipos apresentam maior converção de flores em frutos (SOUZA et al., 2006).

Os insetos mais frequentes nos pomares de cupuaçuzeiro são as abelhas *Frieseomelitta silvestrii faceta* Moure, *Pratrigona impuctata* Ducke e *Apis melífera adansonii* e as abelhas sem ferrão *Plebeia mínima* e *Trigonisca pediculana*, sendo a primeira considerada como polinizador efetivo (FALCÃO; LLEBRAS, 1983; VENTURIERI, 1993).

## 2.2 Estresse por alagamento

Esse tipo de estresse abiótico é comum em regiões alagadiças, em solos de pouca drenagem ou regiões com elevado índice pluviométrico (PEZESHKI, 1994; KOZLOWSKI, 1997). O aumento da incidência de períodos de inundação pode estar relacionado com mudanças climáticas, marcadas por um aumento das chuvas devido à rápida evaporação das águas marítimas ocasionada pela elevação da temperatura ou, ainda, pode ser atribuída à prática intensiva e em larga escala de irrigação em fazendas (JACKSON, 2004).

O uso eficiente da agricultura em áreas que passam por períodos de inundação, requer a identificação de espécies e/ou cultivares tolerantes ao alagamento, incluindo árvores frutíferas com potencial econômico (SCHAFFER, 1998). O alagamento pode devastar vegetações de espécies mal adaptadas a este tipo de estresse (JACKSON, 2004). A tolerância aos estresses por hipoxia ou anoxia pode variar em horas, dias ou semanas a depender das espécies, dos órgãos diretamente afetados, do estágio de desenvolvimento e das condições externas (VARTAPETIAN; JACKSON, 1997). A duração e a severidade do alagamento podem ser influenciadas não somente pela taxa de entrada de água, mas também pela taxa do fluxo hídrico ao redor da zona radicular e pela capacidade de absorção de água do solo (JACKSON, 2004).

O alagamento do substrato afeta vários processos morfofisiológicos das plantas, alterando as condições ótimas de crescimento. As respostas das plantas, a esse tipo de estresse, podem incluir fechamento estomático, senescência foliar prematura, redução do volume de raízes e do crescimento da parte aérea (KOZLOWSKI, 1997).

### 2.3 Adaptações morfo-fisiológicas ao alagamento

Os mecanismos apresentados pelas plantas tolerantes ao estresse por excesso hídrico que sobrevivem a períodos de inundação são complexos e envolvem interações morfológicas, anatômicas e adaptações fisiológicas (PEZESHKI, 2001).

As propriedades físicas da água interferem nas trocas gasosas foliares quando os solos ficam submersos em água (VARTAPETIAN; JACKSON, 1997). A adaptação primária das plantas ao alagamento do substrato é a capacidade de absorver  $O_2$  pelos tecidos aéreos, aumentando sua concentração nesses tecidos e favorecendo as formações de lenticelas hipertróficas, aerênquima e raízes adventícias (KOZLOWSKI, 1997). As lenticelas participam da captação e difusão de  $O_2$  para o sistema radicular e na liberação de produtos voláteis potencialmente tóxicos como etanol, acetaldeído e etileno (MEDRI, 1998). O transporte de  $O_2$  é necessário para a manutenção da respiração aeróbica principalmente nas raízes que se encontram sob hipoxia ou anoxia (PEZESHKI, 2001).

A melhor estratégia de tolerância à inundação é o suprimento de aeração interna, incrementado com a formação de lenticelas hipertrofiadas, que são os principais locais de entrada de  $O_2$  nas plantas; associadas ao aparecimento de espaços aéreos intercelulares (TOPA; MCLEOD, 1986; WHITE; GANF, 2002). Segundo Topa e McLeod (1986), o aumento desses espaços aéreos permite que haja uma entrada eficiente de  $O_2$  fazendo com que as lenticelas assumam a função das trocas gasosas em condições de hipoxia.

Conforme Kozlowski (1997), as raízes adventícias são produzidas a partir do sistema radicular original e das porções de caule submersas. Segundo este autor em condições de alagamento a indução da formação de raízes adventícias pode ser reportada tanto em angiospermas como em gimnospermas tolerantes e não tolerantes a esse tipo de estresse (KOZLOWSKI, 1997). Para Chen et al. (2002), as raízes adventícias são importantes em plantas com alta hipoxia radicular, pois são responsáveis pela obtenção de  $O_2$  necessário para o seu desenvolvimento. O aumento do número de raízes adventícias pode ser acompanhado pelo incremento de danos e morte das raízes originais (CHEN et al., 2002).

Além disso, o estresse por alagamento promove a redução das taxas transpiratórias das plantas, resultante das mudanças na condutância estomática, pois, nessa situação, a rota apoplástica poderá ser pouco usada e a resistência hidráulica, conseqüentemente, aumentada (JONES, 1998).

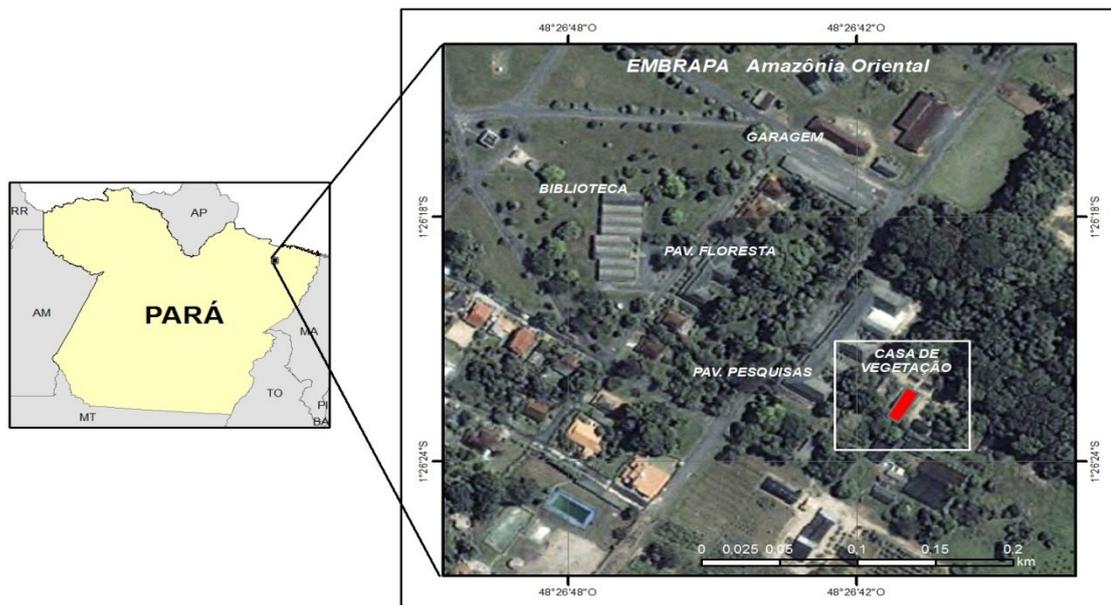
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de março a novembro de 2015, na base física da Embrapa Amazônia Oriental, localizada no município de Belém-PA, apresentando como coordenadas geográficas 01° 27' 21" de latitude Sul e 48° 30' 16" de longitude Oeste de Greenwich, (Figura 1).

Foi utilizada uma casa de vegetação de aproximadamente 100 metros quadrados (m<sup>2</sup>). Seus componentes arquitetônicos, principalmente no que se refere à estrutura e aos fechamentos, é composta por telhado de vidro com abertura por lanternim, tela metálica em suas laterais, para que assim o ar não fosse impedido de circular. Abaixo do telhado foi colocada uma cobertura com sombrite para permitir a entrada de 50% de iluminação.

Figura 1 – Localização da área experimental.



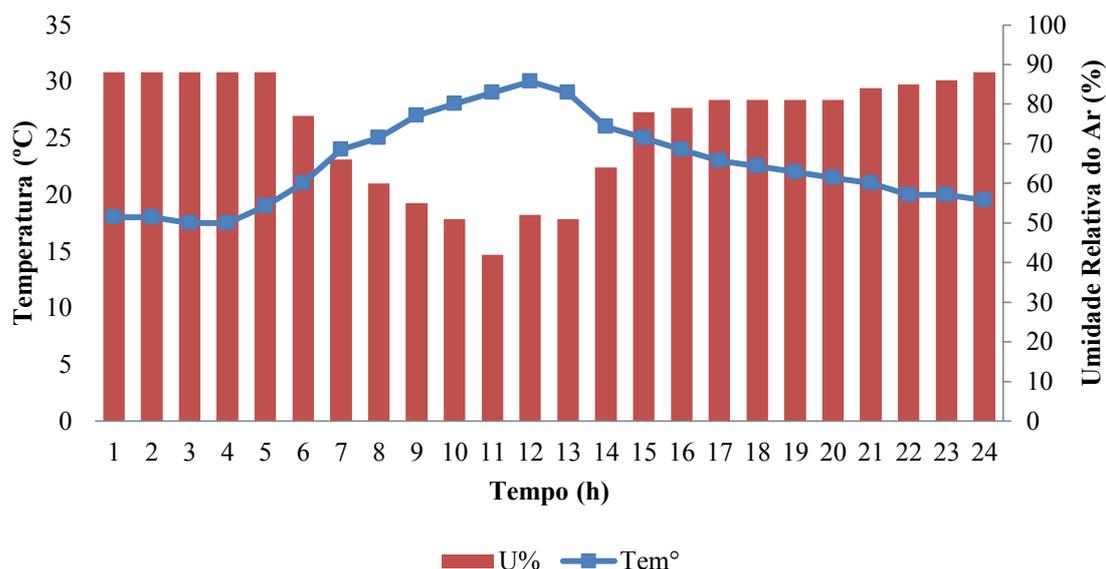
Fonte: Embrapa Amazônia Oriental, 2015.

#### 3.2 Climatologia local

De acordo com classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Af com temperatura média anual de 26 °C, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993). Os dados diários referentes às temperaturas máximas, mínimas

e umidade relativa durante a condução do experimento, foram coletados por meio de um Termohigrógrafo (Kipp & Zonen, modelo 836) instalado dentro da casa de vegetação (Figura 2). A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi medida usando um medidor portátil de quantum modelo LI-1600 (Li-Cor, inc.). Os valores máximos de PAR no interior da casa de vegetação variaram 169-300 fótons  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ .

Figura 2 - Média diária da distribuição por hora da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Umidade Relativa do Ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período experimental.



Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.3 Material vegetal e condições de cultivo

Uma amostra de 16 progênies de cupuaçuzeiro foi utilizada neste estudo (Tabela 1). As progênies utilizadas são originadas de sementes dos 16 clones parentais da cultivar BRS Carimbó. Portanto, apesar de não existir informações sobre o nível de resistência destes genótipos ao alagamento, trata-se de materiais com excelente característica de produção e resistência a vassoura de bruxa.

Tabela 1 – Clones que deram origens às progênies avaliadas e, suas respectivas ancestralidades e procedências. Belém, PA. 2015.

Clone	Ancestralidade	Local origem mãe	Local origem pai
32	174 x 186	174: Coari –AM	186: Codajás – AM
42	186 x 434	186: Codajás – AM	434: Muaná – PA
44	186 x 434	186: Codajás – AM	434: Muaná – PA
46	186 x 215	186: Codajás – AM	215: Manacapuru – AM
47	186 x 1074	186: Codajás – AM	1074: Itacoatiara – AM
48	186 x 1074	186: Codajás – AM	1074: Itacoatiara – AM
51	215 x 624	215: Manacapuru – AM	624: Santarém – PA
56	186 x 1074	186: Codajás – AM	1074: Itacoatiara – AM
57	186 x 513	186: Codajás – AM	513: Oiapoque – AP
61	220 x 228	220: Manacapuru – AM	228: Manaus – AM
62	220 x 185	220: Manacapuru – AM	185: Codajás – AM
63	174 x 248	174: Coari –AM	248: Itacoatiara – AM
64	220 x 185	220: Manacapuru – AM	185: Codajás – AM
174	Primária	174: Coari –AM	-
215	Primária	215: Manacapuru – AM	-
1074	Primária	1074: Parintins - AM	-

Fonte: Embrapa Amazônia Oriental, 2015.

As mudas foram preparadas a partir de sementes de polinização aberta que foram extraídas de frutos maduros, obtidos em pomar experimental da Embrapa Amazônia Oriental, localizado no município de Tomé Açu-PA. Dois frutos foram colhidos de cada um dos 16 genótipos. As sementes foram despulpadas manualmente, até a completa remoção da polpa mucilaginoso e misturadas para compor uma média de 50 sementes/genótipo. A semeadura foi realizada em sementeira, pertencente a Embrapa, Belém-PA, contendo como substrato apenas serragem curtida (Figura 3). A variável analisada foi a porcentagem de germinação, aos 26 dias após a semeadura, onde foi considerado três tipos de plântulas:

Plântulas normais - foram computadas e expressas em porcentagem às plântulas que obtiveram crescimento germinativo normal, ou seja, aquelas cujo hipocótilo se encontrava acima da superfície do substrato conforme as recomendações de Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009);

Plântulas anormais - foram computadas as plântulas com raiz primária atrofiada, defeituosa ou ausente e, hipocótilo retorcido ao longo do seu comprimento (Brasil, 2009);

Sementes mortas - Foram quantificadas sementes que se encontravam amolecidas (chochas) e/ou atacadas por microrganismos (Brasil, 2009).

Para o cálculo da porcentagem de germinação (%G), utilizou-se o modelo proposto por Laboriau e Valadares (1976).

$$\%G = \frac{(N_i \times 100)}{N_s} \quad (1)$$

Onde:

$N_i$  = número de plântulas normais

$N_s$  = número de sementes semeadas

Figura 3 – Visão geral da sementeira onde foi promovida a germinação de sementes de 16 progênies de cupuaçuzeiro, Belém, PA, 2015.



Fonte: Ronaldo Rosa, 2015.

### 3.4 Caracterização do substrato

O solo utilizado no experimento para o enchimento dos sacos de mudas foi oriundo de uma área de capoeira localizada na Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA. Esse solo, coletado na profundidade de 0 a 20 cm é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). O substrato foi preparado com a mistura do solo, juntamente com esterco (cama de aviário) na proporção de 3:1, respectivamente. O substrato foi submetido a análise química de acordo com metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados dessas análises químicas e granulométricas estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização química e granulométrica do substrato antes da instalação do experimento.

Prof.	MO	N	pH	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	H+Al	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
(cm)	g kg <sup>-1</sup>	%	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----					-----g kg <sup>-1</sup> -----				
0-20	20,37	0,55	5,9	301	247	149	2,7	4,4	0,1	1,65	455	327	118	100

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.5 Tratamentos e delineamento experimental

O ensaio teve delineamento experimental inteiramente casualizados, arranjos em esquema fatorial 16 x 2, perfazendo 32 tratamentos. Os fatores foram: as 16 progênies de cupuaçuzeiro e dois regimes hídricos (controle e alagado) (Figura 4). Os tratamentos foram distribuídos em quatro repetições totalizando 192 mudas, e cada unidade amostral foi composta por uma planta. Os tratamentos culturais aplicados às mudas foram os normalmente utilizados em viveiros. Com 180 dias de idade os tratamentos de estresse foram implantados.

Figura 4 – Visão geral do experimento mostrando as mudas de cupuaçuzeiro no tratamento controle (a) e submetidas ao alagamento do substrato (b). Belém, PA. 2015.



Fonte: Ronaldo Rosa, 2015.

### 3.6 Condução do experimento

No primeiro mês após a sementeira, quando as plântulas atingiram o estágio de ponto de palito, foram repicadas da sementeira para os sacos plásticos, os quais possuíam dimensão de 45 x 20 cm. Estes foram, preenchidos com quantidade de 8 kg/saco de substrato. Posteriormente as plântulas foram conduzidas e arrumadas em bancadas no interior da casa de vegetação, onde no primeiro mês permaneceram em processo de crescimento e aclimação. As mudas foram numeradas e distribuídas de maneira aleatória nos tratamentos. O sistema de irrigação foi feito por microaspersão, com vazão de 40 l/h, acionado diariamente durante 30 minutos, nos primeiros 60 dias de experimento. Após esse período, a irrigação foi feita manualmente, colocando, diariamente, 300 ml de água por muda, para manter a umidade do solo próximo a capacidade de campo. Após o primeiro mês de aclimação iniciou-se as mensurações, a cada 10 dias. Foram mensuradas as variáveis indicadoras de crescimento das plantas em altura da parte aérea (do coleto até a gema apical da planta), com utilização de fita

métrica, diâmetro do coleto (a 5 cm do solo), mensurado com paquímetro, contagem do número de folhas e mensuração do comprimento e largura de duas folhas/planta maduras e totalmente expandidas a partir do ápice do eixo ortotrópico. A área foliar média/planta foi multiplicada pelo número de folhas para determinar a área foliar total, a qual foi ajustada por um fator de correção, baseado no modelo proposto por Conceição et al. (1997), em que relacionou o produto do comprimento pela maior largura do limbo foliar de acordo com a equação:

$$y = [1,5959 + (0,6687C \times L)]Nf \quad (2)$$

Seis meses após o transplântio (180 dias), as plantas foram submetidas a dois tipos de regimes hídricos: 1) com alagamento; e 2) sem alagamento (controle). O tratamento alagado foi implantado colocando-se as mudas de cada progênie (mudas em sacos plásticos) em baldes plásticos com capacidade para 20 litros, adicionando-se água, de modo que seu nível permanecesse 4 cm acima do substrato. Esse nível foi mantido constante, ao longo de todo o experimento, pela reposição de água para compensar a perda por evapotranspiração. No tratamento controle, as mudas permaneceram nos sacos plásticos e continuaram sendo irrigadas diariamente para manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo.

A partir dos dados de desenvolvimento vegetativo como altura, diâmetro, número de folha e área foliar total/planta, coletados no início da aplicação dos tratamentos (180 dias) e no final (225 dias), determinou-se o incremento obtido pelas 16 progênies em cada tratamento através da fórmula:

$$I_c = X_f - X_i \quad (3)$$

Onde:

$I_c$  = Incremento

$X_i$  = Variável após 180 de plantio ( $t_0$  = início do alagamento)

$X_f$  = Variável após 225 dias de plantio ( $t_1$  = 45 dias de alagamento)

### 3.6.1 Variáveis de acúmulo de biomassa

Para a mensuração das variáveis de acúmulo de biomassa um lote de plantas controles foram sacrificadas no início do experimento (tempo zero – 180 dias após o plantio). Repetiu-se a prática para plantas cuja biomassa foi medida no final do experimento nos tratamentos controle e alagado (225 dias após o plantio). A biomassa foi determinada separando em raiz, caule e folha, quatro repetições das progênies de cada tratamento e colocadas para secar em estufa a 70°C por 72 horas, tempo suficiente para atingir peso constante e, pesadas em balança semianalítica. A partir dos dados obtidos de massa seca total da planta (raiz + caule + folha) e sua respectiva área foliar total, foram determinados: Acúmulo de matéria seca (AMS), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) de cada progênie através das seguintes fórmulas (HUNT, 1990; MAGALHÃES, 1985):

$$AMS (g\ planta^{-1}) = (W_1 - W_0) \quad (4)$$

$$TCA (g\ d^{-1}) = \frac{(W_1 - W_0)}{(t_1 - t_0)} \quad (5)$$

$$TCR (g\ g^{-1}\ d^{-1}) = \frac{\ln W_1 - \ln W_0}{t_1 - t_0} \quad (6)$$

$$TAL (mg\ m^{-2}\ d^{-1}) = \frac{(W_1 - W_0)}{(S_1 - S_0)} \cdot \frac{(\ln S_1 - \ln S_0)}{(t_1 - t_0)} \quad (7)$$

Onde:

$W_0$  = biomassa total no tempo 180 dias após o plantio ( $t_0$ )

$W_1$  = biomassa total após 225 dias de plantio ( $t_1$ )

$S_0$  = área foliar total no tempo 180 dias após o plantio ( $t_0$ )

$S_1$  = área foliar total após 225 dias de plantio ( $t_1$ )

$\ln$  = Logaritmo Neperiano

### 3.6.2 Parâmetros fisiológicos

A transpiração (E) e a condutância estomática (gs) foram determinados através de um analisador de gases por infravermelho portátil modelo LI-6200 (Li-Cor), utilizando-se uma folha totalmente expandida do segundo ou terceiro nó a partir do ápice de cada planta, iniciando-se às nove horas da manhã. As medidas foram realizadas utilizando as quatro repetições/progênes dos tratamentos alagados e controle com 2, 10, 20, 30 e 45 dias do início do tratamento.

Todas as possíveis alterações morfológicas nas plantas inundadas, como formação de lenticelas hipertróficas e raízes adventícias foram observadas visualmente e fotografadas.

### 3.7 Análise estatística

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se também o teste –  $t$  ( $P < 0,01$ ) e análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico GENES, versão 2014.4.6.1 (CRUZ, 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Germinação das sementes

#### 4.1.1 Caracterização das sementes

As progênies apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, para as características das sementes avaliadas (Tabela 3). Em média a massa das sementes foi de aproximadamente 7,0 g, havendo uma progênie que apresentou mais de 9,0 g (215), e outras (57 e 174) que não atingiram 6,0 g.

Tabela 3 - Média da massa (m), largura (L), comprimento (C) e espessura (E) das sementes de 16 progênies de cupuaçuzeiro em Belém, PA. 2015.

Progênie	Procedência	m (g)		L (mm)		C (mm)		E (mm)	
32	174 x 186	6,70	ab	28,00	abcd	22,65	abcd	13,30	c
42	186 x 434	6,99	ab	27,85	abcd	22,55	abcd	14,15	bc
44	186 x 434	6,34	ab	26,25	abcd	21,25	abcd	15,00	bc
46	186 x 215	7,07	ab	30,20	a	23,30	abc	13,65	c
47	186 x 1074	6,89	ab	24,40	bcd	21,10	abcd	17,35	abc
48	186 x 1074	6,27	ab	23,80	cd	19,50	d	15,65	abc
51	215 x 624	7,44	ab	30,75	a	24,15	a	14,25	bc
56	186 x 1074	6,48	ab	26,75	abcd	20,85	abcd	14,15	bc
57	186 x 513	5,68	b	24,20	cd	20,35	bcd	16,60	abc
61	220 x 228	8,15	ab	28,45	abcd	22,85	abcd	15,90	abc
62	220 x 185	7,33	ab	27,45	abcd	21,85	abcd	17,95	ab
63	174 x 248	7,00	ab	28,90	abc	21,40	abcd	15,70	abc
64	220 x 185	6,16	ab	26,70	abcd	20,75	abcd	13,70	c
174	Primária	5,71	b	23,10	d	20,05	cd	15,10	abc
215	Primária	9,19	a	29,70	ab	23,55	ab	19,10	a
1074	Primária	7,26	ab	30,00	a	21,85	abcd	13,85	bc
Média Geral		6,91		27,28		21,75		15,34	
Coeficiente de Variação %		11,91		4,86		3,90		11,02	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

## 4.1.2 Taxa de germinação

Pode-se observar na Tabela 4 que a taxa de germinação de plantas normais variou de 90,79% (46) a 100% (32, 47, 48, 174 e 215). A média de germinação foi de 96,75%. De acordo com Souza e Silva (1999) quando as sementes são extraídas adequadamente, sem perda de umidade, e semeadas em condições favoráveis, apresentam percentual de germinação acima de 90%. A porcentagem de plântulas anormais foi baixa, não superior a 4,62%, apresentando como média 1,19%, concordando com os resultados encontrados por Rocha e Cruz (2008) que estudaram a germinação progênies de cupuaçuzeiro e encontraram baixos valores para a variável porcentagem de plântulas anormais. Já a porcentagem de sementes mortas variou do zero a 3,06, com média de 0,64%.

Tabela 4 - Plântulas normais germinadas (PNG), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), em experimento com 16 progênies de cupuaçuzeiro em Belém, PA. 2015.

Progênie	Procedência	PNG (%)	PA (%)	SM (%)
32	174 x 186	100,00	0,00	0,00
42	186 x 434	97,37	1,35	1,32
44	186 x 434	98,75	0,00	0,00
46	186 x 215	90,79	4,35	2,63
47	186 x 1074	100,00	0,00	0,00
48	186 x 1074	100,00	0,00	0,00
51	215 x 624	97,67	0,00	0,00
56	186 x 1074	96,39	0,00	0,00
57	186 x 513	96,61	1,75	0,00
61	220 x 228	96,15	0,00	0,00
62	220 x 185	93,44	0,00	0,00
63	174 x 248	96,43	3,70	1,79
64	220 x 185	92,86	3,30	3,06
174	Primária	100,00	0,00	0,00
215	Primária	100,00	0,00	0,00
1074	Primária	91,55	4,62	1,41
Média Geral		96,75	1,19	0,64

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota-se que em geral, a massa das sementes não influenciou a porcentagem de germinação dessas progênies (Tabela 3 e 4). Segundo Lima (1997), sementes de melhor qualidade fisiológica estão associadas a sementes maiores, pois, quase sempre, apresentam

maior emergência em campo e vigor inicial de plântulas, por isso, o tamanho da semente deve ser considerado com um atributo de qualidade. A contradição pode ser explicada provavelmente, porque todas as sementes, no presente ensaio, foram selecionadas antes do semeio, sendo o tamanho e a massa uma característica intrínseca de cada genótipo.

#### **4.2 Desenvolvimento vegetativo**

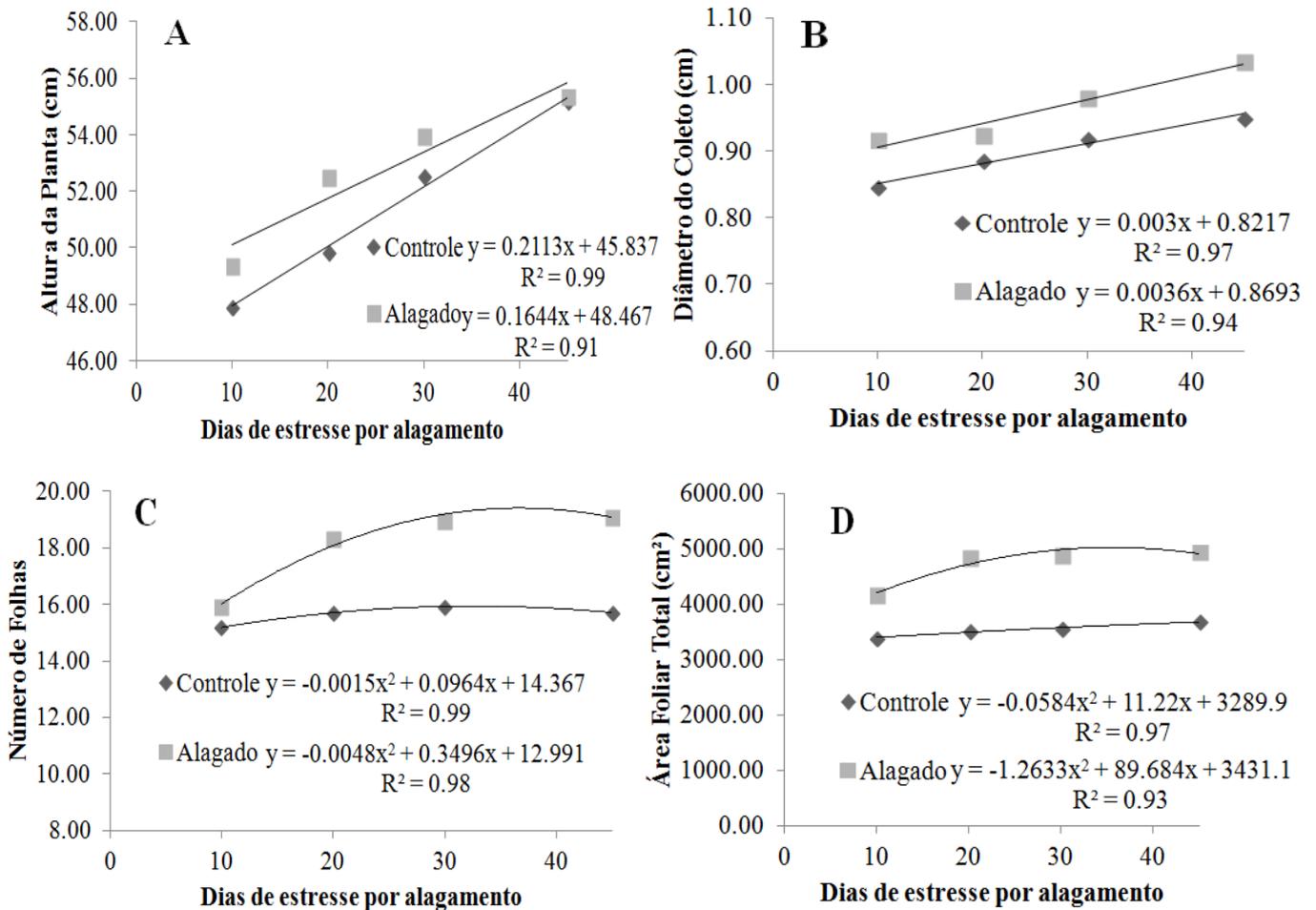
Verifica-se na Figura 5A que o período de estresse hídrico por alagamento proporcionou aumento na altura das mudas de cupuaçuzeiro, encontrando-se resultados mais expressivos com 45 dias de alagamento com média de 55,34 cm. Deve-se ressaltar que o maior tempo de exposição ao excesso de água (45 dias) proporcionou um aumento na altura de 12,16% com relação ao menor tempo.

Com relação ao diâmetro do coleto, a equação de regressão ajustada aos dados experimentais dessa variável apresentou modelo linear (Figura 5B), onde à medida que aumenta os dias de alagamento havia um incremento no diâmetro, quando comparado ao controle.

O comportamento do número de folhas (Figura 5C) se ajustou ao modelo polinomial quadrática, obtendo valor superior nas plantas alagadas por 45 dias com média 19,13 folhas/planta. Na medida que aumentou o tempo de alagamento sobre as plantas de cupuaçuzeiro, houve um aumento no número de folhas. Para a variável área foliar total esse comportamento foi parecido, aumentando de 4.158,07 cm<sup>2</sup> com 10 dias de alagamento para 4.931,81 cm<sup>2</sup> com 45 dias de inundação, ocorrendo um acréscimo de 18,60% nesse tratamento (Figura 5D).

Através das análises de regressão, quando comparados os dois regimes hídricos, fica evidente que os materiais avaliados foram beneficiados pelo alagamento em todas variáveis analisadas (Figura 5A, 5B, 5C e 5D). Isso pode estar relacionado aos mecanismos apresentados pelas plantas para tolerar o estresse por excesso hídrico, podendo envolver interações morfológicas e adaptações fisiológicas (PEZESHKI, 2001).

Figura 5 – Efeito do nível de estresse hídrico por alagamento na altura da planta (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C) e área foliar total (D) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, Pará, 2015.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados referentes aos parâmetros morfofisiológicos que, no conjunto, caracterizam o aspecto comportamental da espécie quando submetida à inundação temporária do solo, permitiu discriminar a tolerância dos materiais a esse tipo de estresse.

Os dados apresentados na Tabela 5, 6, 7 e 8, demonstraram diferenças significativas entre as progênies quanto as variáveis estudadas. As progênies tiveram um comportamento diferenciado para a variável altura da planta. De modo geral, durante todo período experimental houve um acréscimo na altura das progênies alagadas quando comparadas aos respectivos controles, exceto os materiais 32, 42, 44, 56, 61, 62 e 63. Para essa variável, a progênie 47 no tratamento alagado foi o destaque apesar de não diferir estatisticamente de outras 12 progênies. Por outro lado as progênies 64 e 1074 não tiveram bom comportamento nesse mesmo tratamento (Tabela 5, 6, 7, e 8). Os resultados obtidos discordam dos

encontrados por Mielke et al. (2003) que verificaram, em experimento com plântulas de espécies arbóreas neotropicais submetidas ao alagamento, redução da altura das plantas.

Em relação ao diâmetro do coleto das mudas (Tabela 5, 6, 7 e 8), verificou-se que as progênies submetidas ao alagamento obtiveram um acréscimo dessa variável quando comparado ao respectivo controle, com exceção dos 44, 48 e 64 que apresentaram diminuição ao final do experimento. O incremento dessa região nas demais progênies pode estar relacionado com o aparecimento de uma grande quantidade de lenticelas hipertróficas nessa região (KOZLOWSKI et al., 1991). Em condições de solos anóxicos, verificou-se um aumento no diâmetro do coleto para *T. cacao* (REHEM, 2006).

O alagamento do solo propiciou um aumento do número de folhas em todas as progênies a partir do 10º dia de inundação, exceto os materiais 32, 44, 48, 63 e 64. A maior variação nessa variável foi detectada ao final do experimento. Nesse período, as plantas inundadas aumentaram em média 21,84% seu número de folhas quando comparado com as plantas não inundadas. A variação no aumento do número de folhas ocorreu de acordo com o tempo de inundação, e as plantas que permaneceram por mais tempo inundadas (45 dias) obtiveram um maior aumento (Tabela 5, 6, 7, e 8).

O aumento da área foliar total (AFT) para a maioria das progênies ocorreu a partir do 20º dia de inundação das plantas, com exceção da progênie 32. Nesse período, as plantas sem alagamento apresentaram média de AFT de 3.515,57 cm<sup>2</sup> e sob alagamento, de 4.841,16 cm<sup>2</sup>, correspondendo a um aumento de 37,70%. Ao final do experimento, as plantas sem alagamento apresentaram área foliar total de 3.681,15 e as alagadas de 4.931,81, representando um aumento de 33,97%. Os valores máximos AFT avaliados aos 10, 20, 30 e 45 dias de alagamento foi obtida pela progênie 47 com média de 5.013,71; 6.223,55; 6.475,18 e 6.728,18 cm<sup>2</sup> respectivamente. O aumento de AFT das plantas pode ser atribuído a um mecanismo adaptativo ao estresse, enquanto o decréscimo desse parâmetro durante o crescimento indica que as folhas não se expandem às mesmas taxas, quando o crescimento progride (RICHARDS, 1969).

Tabela 5 - Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 10 dias em Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Alagado			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )
32	51,25 abcd	0,97 a	16,00 ab	3.562,83 a	50,13 abcd	0,95 ab	15,00 ab	3.440,45 abc
42	47,00 abcd	0,80 cde	16,25 a	3.622,73 a	44,88 bcd	0,89 ab	18,25 a	4.819,80 ab
44	55,38 a	0,90 abc	16,00 ab	3.617,08 a	50,25 abcd	0,90 ab	14,00 ab	3.922,91 abc
46	42,50 abcd	0,82 bcde	12,25 b	2.263,39 b	46,88 bcd	0,88 ab	16,00 ab	3.718,50 abc
47	49,63 abcd	0,87 abcd	17,00 a	3.825,27 a	62,38 a	1,02 a	17,00 ab	5.013,71 a
48	50,50 abcd	0,96 ab	17,00 a	3.898,73 a	51,50 abc	0,97 ab	16,00 ab	3.583,35 abc
51	45,13 abcd	0,82 bcde	14,25 ab	3.279,81 ab	55,75 ab	0,93 ab	15,00 ab	4.652,93 ab
56	53,50 ab	0,89 abc	15,50 ab	3.708,47 a	51,75 abc	0,97 ab	17,75 a	4.841,99 ab
57	39,63 cd	0,74 de	14,50 ab	2.784,85 ab	49,75 abcd	0,98 ab	15,25 ab	4.426,85 abc
61	52,75 abc	0,89 abc	16,50 a	3.649,41 a	52,25 abc	0,95 ab	16,50 ab	4.631,36 ab
62	52,00 abcd	0,86 abcde	15,50 ab	3.743,47 a	48,00 abcd	0,94 ab	18,25 a	4.350,12 abc
63	48,25 abcd	0,77 cde	13,75 ab	3.400,92 a	45,75 bcd	0,87 ab	13,00 b	2.983,76 c
64	40,00 bcd	0,76 cde	15,25 ab	3.109,61 ab	36,50 d	0,68 c	15,00 ab	3.371,43 bc
174	52,63 abc	0,88 abc	13,75 ab	3.319,45 ab	51,50 abc	0,91 ab	14,50 ab	3.999,73 abc
215	47,75 abcd	0,90 abc	15,75 ab	3.533,67 a	51,50 abc	0,98 ab	17,00 ab	4.598,70 ab
1074	38,88 d	0,71 e	13,75 ab	2.879,43 ab	40,75 cd	0,86 b	16,25 ab	4.173,59 abc
Média	47,92	0,85	15,19	3.387,44	49,34	0,92	15,92	4.158,07
C.V (%)	16,79	10,27	15,19	19,41	17,43	10,00	16,28	22,86

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 6 - Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênes de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 20 dias em Belém, Pará, em 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Alagado			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )
32	51,50 ab	1,02 ab	16,50 abc	4.100,24 ab	52,25 bcd	0,94 abc	16,25 ab	3.629,14 c
42	48,25 ab	0,85 cd	16,25 abc	3.509,76 abc	47,25 bcd	0,91 abc	21,75 a	5.914,05 ab
44	58,50 a	0,94 abc	16,50 abc	4.014,46 ab	54,63 bc	0,92 abc	16,75 ab	4.822,57 abc
46	45,25 ab	0,86 cd	12,75 c	2.480,83 c	49,63 bcd	0,89 bc	16,25 ab	4.030,53 abc
47	53,00 ab	0,89 abcd	19,00 a	3.891,52 abc	68,28 a	1,05 a	21,00 ab	6.223,55 a
48	51,75 ab	1,03 a	17,25 abc	4.338,87 a	53,00 bcd	0,97 abc	20,50 ab	4.859,90 abc
51	47,50 ab	0,86 bcd	14,25 abc	3.002,74 abc	58,50 ab	0,94 abc	16,00 ab	4.735,19 abc
56	55,50 a	0,93 abc	16,00 abc	4.341,81 a	55,25 bc	0,97 abc	21,50 ab	5.211,91 abc
57	41,00 b	0,77 d	14,75 abc	2.720,12 bc	52,50 bcd	1,00 ab	18,75 ab	5.288,79 abc
61	57,00 a	0,93 abc	18,00 ab	4.089,99 ab	53,63 bcd	0,95 abc	21,25 ab	6.216,84 a
62	54,38 ab	0,88 abcd	16,00 abc	3.880,95 abc	50,75 bcd	0,93 abc	21,25 ab	5.096,35 abc
63	48,50 ab	0,82 cd	13,50 bc	3.214,96 abc	50,75 bcd	0,86 bc	14,75 b	3.739,82 bc
64	41,50 b	0,79 cd	16,25 abc	3.146,88 abc	37,75 d	0,69 d	15,75 ab	3.507,16 c
174	54,25 ab	0,91 abcd	13,75 bc	3.069,96 abc	54,50 bc	0,91 abc	15,75 ab	4.298,71 abc
215	49,25 ab	0,93 abc	16,25 abc	3.563,25 abc	57,88 ab	1,00 ab	19,00 ab	5.735,63 abc
1074	41,00 b	0,75 d	14,00 bc	2.882,75 abc	41,25 cd	0,85 c	16,75 ab	4.148,39 abc
Média	49,88	0,89	15,69	3.515,57	52,51	0,92	18,33	4.841,16
C.V (%)	15,84	10,59	17,96	25,18	18,24	9,46	22,04	27,62

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 7 - Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 30 dias em Belém, Pará, em 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Alagado			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )
32	53,63 abc	1,04 a	17,50 ab	4.256,89 a	53,50 abc	1,04 abc	16,50 ab	3.637,01 d
42	50,50 abc	0,87 bcd	17,00 abc	3.762,11 abc	48,00 bc	0,99 abc	22,00 ab	5.745,19 abcd
44	61,33 a	0,99 ab	18,75 a	4.437,77 a	55,20 abc	0,95 abc	16,25 ab	4.506,09 abcd
46	48,13 abc	0,87 bcd	11,75 c	2.374,70 c	52,20 abc	0,94 bc	18,25 ab	4.381,10 abcd
47	55,00 abc	0,93 abcd	18,75 a	3.648,14 abc	70,63 a	1,10 a	22,50 a	6.475,18 a
48	52,75 abc	1,05 a	17,25 ab	3.839,05 abc	53,95 abc	1,02 abc	21,25 ab	4.662,85 abcd
51	50,88 abc	0,90 abcd	14,00 abc	3.061,08 abc	60,13 ab	0,99 abc	16,50 ab	4.753,81 abcd
56	59,25 a	0,99 ab	15,75 abc	4.397,79 a	56,25 abc	1,03 abc	22,00 ab	5.763,55 abcd
57	42,20 c	0,81 cd	14,75 abc	2.570,34 bc	53,63 abc	1,07 ab	19,00 ab	5.410,42 abcd
61	58,88 a	0,95 abc	18,75 a	4.053,20 ab	53,83 abc	1,00 abc	21,50 ab	6.228,01 ab
62	57,45 ab	0,91 abcd	16,00 abc	3.957,52 ab	51,38 abc	0,99 abc	21,00 ab	4.828,03 abcd
63	52,25 abc	0,86 bcd	13,00 bc	3.115,37 abc	51,75 abc	0,92 bc	15,25 b	3.798,98 cd
64	43,50 c	0,83 cd	17,25 ab	3.343,10 abc	41,63 c	0,71 d	17,25 ab	3.711,55 cd
174	58,38 a	0,96 abc	14,75 abc	3.188,71 abc	59,63 ab	0,97 abc	16,25 ab	4.099,06 bcd
215	52,00 abc	0,96 abc	15,75 abc	3.612,40 abc	59,70 ab	1,05 abc	20,50 ab	6.011,55 abc
1074	44,50 bc	0,78 d	14,00 abc	3.235,57 abc	43,88 bc	0,91 c	17,75 ab	4.117,55 bcd
Média	52,54	0,92	15,94	3.553,36	53,93	0,98	18,98	4.883,12
C.V (%)	15,44	9,95	19,94	25,65	19,34	9,22	21,94	28,37

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 - Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, Pará, em 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Alagado			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )
32	55,75 abc	1,07 a	18,00 abc	4.577,93 ab	54,75 abc	1,14 a	16,25 ab	3.642,24 c
42	52,75 abc	0,90 bcde	17,25 abc	3.876,92 abc	48,75 bc	1,06 ab	21,75 ab	5.608,70 abc
44	64,13 a	1,04 ab	20,25 a	5.023,66 a	55,75 abc	0,99 ab	15,50 b	4.211,76 bc
46	51,00 abc	0,89 bcde	10,50 c	2.374,62 c	54,75 abc	1,00 ab	19,50 ab	4.806,46 abc
47	57,00 abc	0,97 abcde	17,75 abc	3.730,27 abc	72,88 a	1,14 a	23,50 a	6.728,18 a
48	53,75 abc	1,07 a	17,00 abc	3.380,22 abc	54,88 abc	1,06 ab	21,50 ab	4.451,70 abc
51	54,25 abc	0,93 abcde	13,25 abc	3.258,99 abc	61,75 abc	1,05 ab	16,50 ab	4.774,25 abc
56	63,00 a	1,04 ab	14,75 abc	4.658,72 ab	57,25 abc	1,08 ab	22,25 ab	6.347,89 ab
57	43,38 c	0,84 de	14,00 abc	2.530,16 bc	54,75 abc	1,14 a	19,25 ab	5.528,25 abc
61	60,75 ab	0,96 abcde	19,25 ab	4.329,40 abc	54,00 abc	1,05 ab	21,25 ab	6.242,44 ab
62	60,50 ab	0,95 abcde	15,50 abc	4.200,75 abc	52,00 abc	1,05 ab	20,50 ab	4.564,98 abc
63	56,00 abc	0,89 bcde	12,00 bc	3.068,49 abc	52,75 abc	0,98 ab	15,00 b	3.867,54 c
64	45,50 c	0,86 cde	18,00 abc	3.551,71 abc	45,50 c	0,73 c	18,00 ab	3.922,67 c
174	62,50 ab	1,01 abc	15,00 abc	3.406,23 abc	64,75 ab	1,03 ab	16,00 ab	3.904,58 c
215	54,75 abc	0,98 abcd	15,00 abc	3.491,09 abc	61,50 abc	1,09 ab	21,50 ab	6.227,98 ab
1074	48,00 bc	0,82 e	13,75 abc	3.439,25 abc	46,50 c	0,96 b	17,75 ab	4.079,33 bc
Média	55,19	0,95	15,70	3.681,15	55,34	1,03	19,13	4.931,81
C.V (%)	15,98	9,89	28,80	34,33	20,99	9,52	24,15	32,45

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram observadas diferenças significativas nos incrementos obtidos pelas progênies durante o período experimental (Tabela 9). Em média o comportamento das progênies entre tratamentos, para a variável altura da planta, foi praticamente igual com valor de 22,9 e 22 cm nos tratamentos controle e alagado, respectivamente. Comparando as progênies entre os tratamentos constatou-se que para essa variável ocorreu acréscimos significativos nas progênies 57, 174 e 215. Já os materiais 42, 44, 46, 56, 61, 62, e 1074 não apresentaram bom comportamento em relação ao seu respectivo controle. No tratamento alagado o melhor destaque foi obtido pela progênie 174 com média de 31,58 cm. Em contrapartida, as progênies 42, 61, e 1074 obtiveram os menores incrementos.

Aos 45 dias de alagamento, o incremento obtido para diâmetro da planta na região do coleto mostrou ser mais favorável quando comparado ao tratamento controle. Em média o tratamento alagado propiciou acréscimo de 13,15% em relação a testemunha. Para essa variável a maioria das progênies apresentaram bom comportamento, com exceção da 64 que obteve média significativamente inferior aos demais materiais (Tabela 9).

As mudas de cupuaçuzeiro submetidas ao alagamento apresentaram em média maiores incrementos para as variáveis número de folhas e área foliar total, quando comparada com as mudas cultivadas no tratamento controle, com média de 7,28 folhas e 2.529,66 cm<sup>2</sup> de área foliar, e 10,27 folhas e 3.685,23 cm<sup>2</sup> de área foliar nos tratamentos controle e alagado respectivamente. O maior destaque, no tratamento alagado, foi a progênie 47 com média de 13,80 folhas e 5.175,96 cm<sup>2</sup> de área foliar, entretanto ela não conseguiu obter diferença estatisticamente de outras progênies. Por outro lado os materiais 32, 44, 51, 63, 64, 174 e 1074 não apresentaram bom comportamento para essas duas variáveis (Tabela 9).

Tabela 9 – Incremento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, Pará, em 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Alagado			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm <sup>2</sup> )
32	19,93 abA	0,44 abA	8,70 abA	3.321,12 abA	20,33 abA	0,50 aA	8,03 bcA	2.469,92 cB
42	19,91 abA	0,37 abB	8,43 abB	2.715,48 bcB	14,67 bB	0,44 aB	11,83 abA	4.136,04 bcA
44	28,81 aA	0,45 abA	11,30 aA	3.833,52 aA	23,14 abB	0,39 abB	6,55 cB	2.951,60 bcB
46	21,79 abB	0,33 abB	2,80 cB	1.507,33 cB	25,21 abA	0,44 aA	10,83 abA	3.721,64 bcA
47	24,34 abA	0,37 abB	8,45 abB	2.443,78 bcB	25,57 abA	0,45 aA	13,80 aA	5.175,96 aA
48	20,03 abA	0,43 abA	7,50 abB	2.008,37 bcB	20,11 abA	0,40 abA	12,53 abA	3.271,57 bcA
51	25,08 abA	0,37 abA	6,23 bcA	2.205,62 bcB	23,20 abA	0,41 abA	8,15 bcA	3.460,94 bcA
56	28,86 aA	0,47 aA	6,23 bcB	3.426,70 abB	24,35 abB	0,47 aA	12,65 abA	4.953,29 abA
57	15,98 bB	0,34 abB	6,23 bcB	1.548,87 cB	21,16 abA	0,49 aA	10,08 abcA	4.073,46 abA
61	25,49 abA	0,38 abA	10,28 abA	3.052,05 abB	18,20 bB	0,41 abA	12,23 abA	4.927,85 abA
62	24,59 abA	0,32 bB	6,18 bcB	2.744,96 bcA	19,29 abB	0,43 aA	11,25 abA	3.389,10 bcA
63	24,28 abA	0,38 abB	4,13 bB	2.043,88 bcB	21,58 abA	0,42 abA	7,48 bcA	2.908,53 bcA
64	18,93 abA	0,36 abA	9,73 abA	2.649,48 bcA	21,38 abA	0,29 bB	9,90 bcA	3.046,83 bcA
174	27,90 abB	0,41 abA	7,43 abA	2.210,81 bcA	31,58 aA	0,43 aA	7,60 bcA	2.651,65 bcA
215	19,84 abB	0,38 abB	6,30 bcB	2.161,64 bcB	25,68 abA	0,44 aA	12,03 abA	4.758,04 abA
1074	20,66 abA	0,34 abB	6,60 bcB	2.600,92 bcA	16,64 bB	0,44 aA	9,38 bcA	3.067,36 bcA
Média	22,90	0,38	7,28	2.529,66	22,00	0,43	10,27	3.685,23
C.V (%)	21,83	14,59	25,45	32,23	25,96	15,29	22,31	29,12

Médias seguidas de letras minúsculas indicam comparação entre progênies e maiúsculas entre tratamentos. Comparação entre médias feita pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando a média de produção de matéria fresca e seca das progênes *T. grandiflorum*, no início da aplicação dos tratamentos (180 dias após a semeadura), verificou-se que todas as plantas apresentavam um conteúdo semelhante de fitomassa tanto no que diz respeito à folha, quanto ao caule e raiz, com exceção dos materiais 46, 64 e 215 que apresentaram médias inferiores significativamente diferentes das demais progênes (Tabela 10).

Quanto ao comprimento do sistema radicular, no início do tratamento (tempo zero), pode-se observar na Tabela 10 um crescimento normal, com raiz principal e secundárias não ultrapassando o comprimento máximo do saco plástico (45 cm). As raízes apresentavam-se não atrofiadas ou enroladas na base do saco. As progênes que obtiveram menor comprimento médio de raiz foram 44, 46, 48, 56, 64 e 215, verificou-se diferença estática significativa dessas com o material 47 que apresentou a maior média (31,63 cm).

Tabela 10 - Biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênes de cupuaçuzeiro no início do tratamento (t=0) em Belém, PA. 2015.

Progênie	Folha		Caule		Raiz		CR (cm)
	MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)	
32	26,42 ab	10,36 a	16,82 ab	5,32 ab	13,53 ab	4,28 abc	28,38 ab
42	20,04 abc	8,06 ab	13,52 abc	4,56 ab	10,60 abc	3,35 abc	24,13 ab
44	16,63 abc	6,85 ab	11,88 bc	3,64 ab	9,11 abc	2,55 abc	21,75 b
46	14,73 c	5,57 b	8,80 c	2,76 b	6,46 bc	2,17 bc	20,63 b
47	27,82 a	10,83 a	19,41 a	5,97 a	14,69 a	4,37 ab	31,63 a
48	22,46 abc	9,03 ab	14,75 abc	4,52 ab	10,84 abc	3,53 abc	23,50 b
51	22,74 abc	9,14 ab	13,90 abc	4,22 ab	12,35 abc	4,54 a	26,25 ab
56	22,64 abc	9,06 ab	11,93 bc	3,61 ab	10,01 abc	3,10 abc	22,88 b
57	18,52 abc	7,37 ab	11,31 bc	3,44 ab	10,35 abc	3,03 abc	25,50 ab
61	22,03 abc	8,95 ab	13,65 abc	4,19 ab	9,95 abc	3,06 abc	26,00 ab
62	18,39 abc	7,43 ab	10,71 bc	3,53 ab	8,11 abc	2,75 abc	28,00 ab
63	21,08 abc	7,98 ab	13,70 abc	3,65 ab	11,27 abc	2,84 abc	26,25 ab
64	15,17 bc	5,62 b	8,38 c	2,53 b	6,58 bc	2,05 c	22,25 b
174	19,40 abc	8,06 ab	13,32 abc	4,14 ab	7,78 abc	2,43 abc	25,63 ab
215	15,55 bc	6,82 ab	13,33 abc	5,23 ab	5,51 c	2,18 bc	20,50 b
1074	17,20 abc	6,93 ab	12,01 bc	3,76 ab	11,10 abc	3,76 abc	27,13 ab
Média	20,05	8,00	12,96	4,07	9,89	3,12	25,02
C.V (%)	33,74	32,63	32,63	36,63	40,24	38,48	14,63

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

A inundação das plantas por 45 dias provocou um aumento na quantidade de fitomassa fresca e seca de todas as frações (folha, caule e raiz) quando comparado ao seu respectivo controle (Tabela 11). A biomassa   o principal determinante da respira o e da área foliar para a fotossíntese (BLANCH et al., 1999), o decréscimo na biomassa   marcada pelo uso pouco eficiente de produ o de energia e conseqentemente ocasiona a perda de material acumulado. Verificou-se que 62,46% (controle) e 66,37% (alagado) da biomassa total das progênies era água, confirmando que nessa condi o de estresse as plantas continuaram seus processos morfofisiológicos.

A varia o da biomassa seca   mais utilizada, pois determina o ganho ou a perda de material acumulado na forma o de um  rgo, ou da planta toda, sem levar em considera o o conteúdo de água da planta (LUCCHESI, 1984).

O tratamento alagado promoveu acréscimos significativos em matéria seca da folha (MSF) para os materiais 46 e 57; de matéria seca do caule (MSC) para as progênies 32, 46, 57 e 215; e matéria seca da raiz (MSR) os materiais 46 e 57 (Tabela 11). O incremento significativo que foi observado na fitomassa seca de raízes desses dois materiais, possivelmente, está condicionado às suas características genéticas, com possibilidade de ser este um indicativo promissor de crescimento sob condi es hídricas desfavoráveis.

O comportamento das plantas em rela o ao comprimento da raiz aos 45 dias de alagamento encontra-se reportado na Tabela 11 com média de 26,41 e 28,72 cm nos tratamentos controle e alagado, respectivamente. Somente em seis progênies (32, 42, 47, 57, 64 e 174) houve diferença estatística entre as duas condi es hídricas. Em todas as progênies a condi o alagada propiciou raízes mais compridas, exceto na progênie 42. Esse resultado indica boa resposta do sistema radicular perante o estresse, uma vez que como mecanismo de defesa a planta tende a aumentar o comprimento radicular em uma situa o de estresse, seja pela falta ou excesso hídrico (SANTOS et al., 2014).

Tabela 11 - Biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) com 45 dias de tratamento em Belém, PA. 2015.

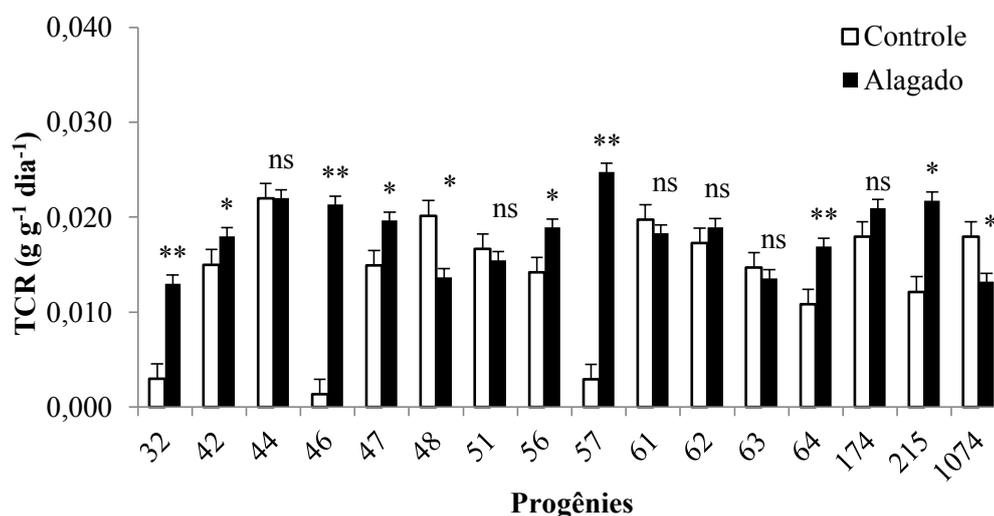
Progênie	Tratamento	Folha			Caule			Raiz			CR (cm)				
		MF (g)	MS (g)		MF (g)	MS (g)		MF (g)	MS (g)						
32	Controle	29,59	b	12,45	a	20,24	b	6,31	b	12,31	b	4,06	a	29,25	b
	Alagado	46,29	a	17,23	a	36,33	a	11,24	a	22,41	a	6,40	a	35,50	a
42	Controle	36,72	a	15,66	a	29,19	b	9,26	a	17,02	b	5,59	a	32,50	a
	Alagado	38,45	a	17,47	a	36,55	a	12,49	a	24,39	a	6,44	a	26,50	b
44	Controle	47,01	a	18,84	a	36,79	a	9,27	a	24,98	a	6,71	a	30,25	a
	Alagado	41,14	a	16,83	a	32,22	a	10,40	a	21,03	a	7,51	a	28,75	a
46	Controle	14,92	b	6,82	b	10,54	b	3,27	b	5,23	b	1,69	b	22,75	a
	Alagado	39,77	a	14,91	a	32,54	a	9,59	a	16,35	a	4,09	a	25,50	a
47	Controle	43,20	b	17,98	a	32,43	b	14,53	a	21,48	a	8,22	a	26,75	b
	Alagado	54,41	a	21,35	a	52,99	a	16,90	a	29,95	a	7,22	a	30,00	a
48	Controle	49,55	a	20,95	a	43,21	a	13,45	a	28,10	a	7,80	a	27,75	a
	Alagado	40,66	a	15,60	b	35,20	b	10,65	a	19,40	b	5,34	a	28,25	a
51	Controle	43,98	a	18,85	a	36,47	a	11,58	a	23,34	a	7,13	a	28,75	a
	Alagado	50,50	a	18,19	a	40,26	a	11,74	a	21,19	a	5,72	a	26,50	a
56	Controle	37,58	b	16,47	a	25,78	b	9,17	a	19,03	a	5,98	a	26,50	a
	Alagado	48,53	a	18,92	a	39,15	a	12,02	a	19,03	a	5,39	a	27,25	a
57	Controle	19,00	b	8,33	b	13,27	b	3,95	b	7,72	b	2,31	b	20,00	b
	Alagado	46,85	a	17,43	a	38,96	a	12,94	a	24,98	a	6,93	a	33,50	a
61	Controle	35,68	b	17,24	a	30,27	a	13,28	a	18,32	a	7,03	a	24,00	a
	Alagado	45,51	a	16,85	a	38,10	a	11,94	a	22,53	a	6,00	a	28,25	a
62	Controle	34,83	a	16,25	a	21,04	b	7,87	a	16,73	a	5,44	a	23,75	a
	Alagado	41,25	a	16,19	a	35,48	a	10,95	a	17,93	a	5,37	a	26,00	a
63	Controle	34,95	a	16,19	a	25,88	a	9,86	a	13,30	a	4,81	a	27,25	a
	Alagado	40,56	a	14,15	a	30,28	a	8,51	a	14,88	a	3,73	a	23,25	a
64	Controle	22,35	b	9,84	a	14,19	a	4,62	a	8,33	a	2,25	a	22,00	b
	Alagado	32,06	a	11,91	a	18,26	a	5,44	a	12,62	a	3,99	a	29,50	a
174	Controle	41,04	a	17,42	a	34,96	a	11,56	a	22,51	a	6,11	a	24,75	b
	Alagado	45,45	a	17,48	a	35,52	a	12,55	a	20,06	a	6,16	a	38,50	a
215	Controle	32,76	b	13,60	a	20,62	b	6,42	b	13,73	b	4,67	a	28,88	a
	Alagado	42,98	a	16,41	a	40,20	a	12,21	a	21,55	a	5,75	a	25,25	a
1074	Controle	37,85	a	15,37	a	28,19	a	9,83	a	23,10	a	6,44	a	27,50	a
	Alagado	33,49	a	12,58	a	25,88	a	7,92	a	13,90	b	4,07	a	27,00	a
Média Controle		35,06		15,14		26,44		9,01		17,20		5,39		26,41	
Média Alagado		42,99		16,47		35,49		11,09		20,14		5,63		28,72	
C.V (%) Controle		32,15		33,46		36,27		4,70		42,80		43,60		17,40	
C.V (%) Alagado		22,05		22,85		24,41		3,20		25,50		28,60		16,40	

Médias seguidas de mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores de Taxa de Crescimento Relativo (TCR) evidenciaram que, com exceção das progênies 44, 51, 61, 62, 63 e 174, as demais foram influenciadas positivamente pelo alagamento do substrato, sendo os materiais 32, 46, 57 e 64 os mais promissores em relação a este parâmetro. Ao final do experimento verificou-se uma tendência de crescimento nos valores de TCR para a maioria dos materiais avaliados, à exceção das progênies 48 e 1074 cujos valores diminuíram (Figura 6). A variação nos valores de taxa de crescimento relativo reflete o efeito do estresse por alagamento no acúmulo de matéria seca total (CHIARIELLO et al., 1991). Rehem et al. (2009) obteve diminuição da TCR em clones de *T. cacao* submetidos a inundação, para esses autores essa diminuição está relacionada a ausência de  $O_2$  no solo proporcionada pelo alagamento. O aumento obtido na TCR para o cupuaçuzeiro evidencia que a espécie responde com maior eficiência a solos hipóxicos ou anoréxicos.

Figura 6 - Taxa de crescimento relativo (TCR) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (T) Erro-padrão da média. Teste - t \*\* ( $P < 0,01$ ), \* ( $P < 0,05$ ), ns (não-significativo).

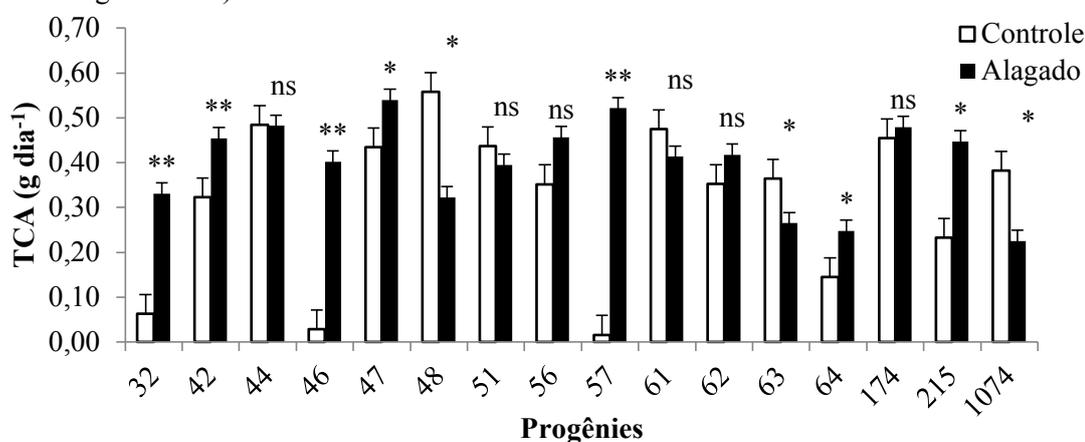


Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se na Figura 7, que durante o período experimental, o alagamento do substrato promoveu acréscimos significativos ( $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ ) nos valores da Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) para sete dos materiais analisados, exceto para 56, 62, e 174. Em contrapartida, houve decréscimo significativo para os materiais 48, 63 e 1074. Os maiores valores de TCA no tratamento alagado foram encontrados nas progênies 47 e 57 com valor médio de 0,54 e 0,52 g dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Já os menores valores foram observados nos materiais 1074 e 64 com 0,22 e 0,24 g dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo Benincasa (2004), a

TCA indica variação ou incremento entre duas amostragens sucessivas, isto é, indica a velocidade média de crescimento ao longo do período analisado.

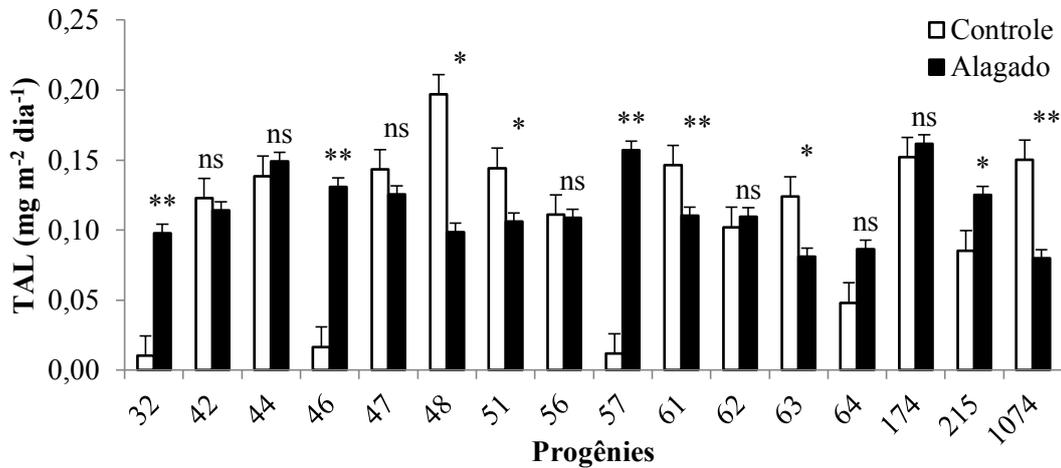
Figura 7 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA, 2015. Valores médios de quatro repetições. (T) Erro-padrão da média. Teste - t \*\* (P<0,01), \* (P<0,05), ns (não-significativo).



Fonte: Dados da pesquisa.

Para a variável Taxa Assimilatória Líquida (TAL) foi observado que as progênies 32, 46, 57 e 215 apresentaram melhor comportamento em relação ao controle. Já os materiais 48, 51, 61, 63 e 1074 foram os que obtiveram pior comportamento em relação ao seu respectivo controle (Figura 8). Os valores de TAL demonstram as alterações na quantidade de biomassa formada em detrimento da energia luminosa recebida (LUCCHESI, 1984) e, portanto, relaciona-se com a eficiência fotossintética da planta de modo generalizado. Logo, pode-se afirmar que o aumento nos valores de TAL das progênies, indica tolerância desses materiais ao estresse por alagamento. Em contrapartida, a diminuição dos valores de TAL de alguns materiais se deve ao decréscimo da taxa fotossintética promovida pela inundação do substrato.

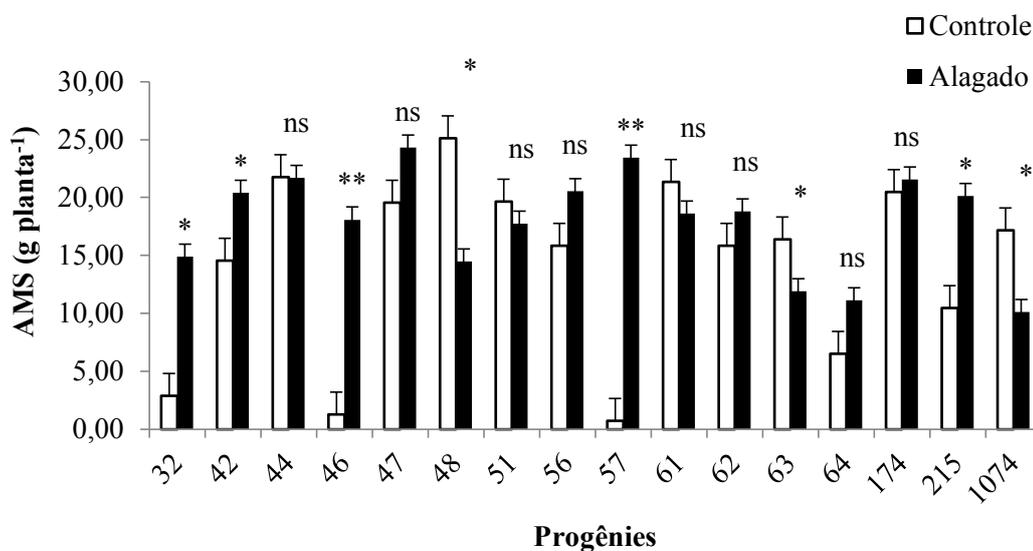
Figura 8 - Taxa assimilatória líquida (TAL) de 16 progênes de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA, 2015. Valores médios de quatro repetições. (T) Erro-padrão da média. Teste - t \*\* (P<0,01), \* (P<0,05), ns (não-significativo).



Fonte: Dados da pesquisa.

Houve aumentos significativos nos valores de Acúmulo de Matéria Seca (AMS) para a maioria dos materiais analisados quando submetidas ao alagamento (Figura 9). As progênes que obtiveram maiores médias no tratamento controle foram 48, 44 e 61, enquanto que os menos promissores foram 57, 46 e 32. Já no tratamento alagado os genótipos que mais se destacaram foram 32, 42, 46, 57 e 215, enquanto que os 1074, 64 e 63 apresentaram os menores valores. Os materiais com melhor comportamento em relação ao controle foram 32, 42, 46, 57 e 215, já os piores são 48, 63 e 1074. A variável AMS tem por finalidade avaliar o crescimento vegetal e está relacionada à quantidade de biomassa acumulada, sendo, portanto, a produtividade primária líquida propriamente dita (LUCCHESI, 1984).

Figura 9 - Acúmulo de matéria seca total (AMS) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (┐) Erro-padrão da média. Teste - t \*\* (P<0,01), \* (P<0,05), ns (não-significativo).



Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.3 Variáveis fisiológicas

A taxa transpiratória foliar (E), como já era esperada, foi afetada significativamente nas plantas submetidas ao estresse por alagamento. Até os 45 dias de inundação, essa taxa já sofreu diminuição desde o segundo dia de aplicação dos tratamentos, passando de média de 6,418 no tratamento controle para 6,210 no alagado (Tabela 12). observaram-se diminuições nos valores médios de E para os materiais estudados. As progênies 32, 42, 48, 51 e 1074 apresentaram um decréscimo nos valores de E a partir do segundo dia de alagamento. Entretanto, nesse início de experimento as progênies 56, 62, 174 e 215, apresentaram uma taxa transpiratória positiva quando submetidas ao alagamento. Para os materiais 42, 44, 46, 47, 56, 57, 61, 62, 63 64, 174, 215 esse declínio foi verificado após o do 10º dia de tratamento. Em geral, em plantas sob efeito do alagamento, ocorre a diminuição da absorção de água ocasionada pelo aumento da resistência ao fluxo de água. Tais resultados assemelham-se aos obtidos para a espécie *T. cacao* submetida a inundação (REHEM, 2006).

Tabela 12 - Valores médios da taxa transpiratória foliar ( $E$ ,  $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de 16 progênies de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento	Tempo (dias)				
		2	10	20	30	45
32	Controle	6,672 aA	5,788 aB	6,236 bB	6,271 aB	6,902 aA
	Alagado	5,250 bB	5,201 aB	7,437 aA	5,861 aB	6,834 aA
42	Controle	7,435 aA	6,605 aB	7,200 aA	7,498 aA	6,724 aB
	Alagado	5,343 bB	3,838 bB	6,715 aA	4,771 bB	5,876 bA
44	Controle	6,686 aB	6,543 aB	8,296 aA	7,520 aA	7,317 aA
	Alagado	6,111 aA	3,899 bB	5,310 bB	4,624 bB	4,962 bB
46	Controle	6,207 aB	6,854 aB	8,348 aA	7,147 aA	7,343 aA
	Alagado	6,317 aA	4,076 bB	6,472 bA	4,992 bB	5,528 bB
47	Controle	6,167 aB	5,928 aB	7,376 aA	6,953 aA	7,531 aA
	Alagado	6,487 aB	4,253 bB	7,353 aA	6,375 aB	6,577 bB
48	Controle	5,787 aA	5,895 aA	6,443 aA	7,012 aA	6,615 aA
	Alagado	4,896 bA	5,509 aA	5,037 bA	5,206 bA	5,257 bA
51	Controle	6,944 aA	7,087 aA	7,529 aA	7,402 aA	7,470 aA
	Alagado	5,595 bA	4,560 bA	4,958 bA	6,228 bA	4,431 bA
56	Controle	5,758 bA	6,213 aA	6,497 aA	6,909 aA	6,896 aA
	Alagado	6,820 aA	4,445 bB	6,774 aA	3,687 bB	5,379 bA
57	Controle	6,825 aA	5,922 aB	6,950 aA	6,087 aB	7,156 aA
	Alagado	6,929 aA	3,870 bB	4,554 bB	5,455 aB	4,700 bB
61	Controle	5,999 aA	6,264 aA	6,532 aA	6,104 aA	6,758 aA
	Alagado	6,146 aA	4,609 bB	6,883 aA	2,608 bB	5,368 bB
62	Controle	5,758 bA	5,922 aA	6,417 aA	6,234 aA	6,085 aA
	Alagado	6,358 aA	3,655 bB	6,743 aA	4,357 bB	5,617 aB
63	Controle	6,813 aA	6,673 aA	7,530 aA	7,103 aA	7,000 aA
	Alagado	6,299 aA	4,646 bB	7,783 aA	4,529 bB	6,140 bA
64	Controle	7,166 aB	7,309 aB	8,358 aA	7,481 aB	7,834 aA
	Alagado	7,192 aA	4,345 bB	4,959 bB	5,095 bB	4,622 bB
174	Controle	5,565 bB	6,426 aB	7,005 aA	6,580 aB	6,817 aA
	Alagado	6,702 aA	4,660 bB	5,712 bB	5,968 aB	5,837 bB
215	Controle	5,798 bB	6,177 aB	7,336 bA	6,912 aA	6,684 aB
	Alagado	7,085 aA	5,598 bB	8,441 aA	5,140 bB	6,762 aB
1074	Controle	7,114 aA	5,900 aB	5,910 bB	6,605 aA	6,872 aA
	Alagado	5,833 bB	5,512 aB	7,143 aA	4,350 bB	5,723 bB
Média Controle		6,418	6,344	7,122	6,826	6,950
Média Alagado		6,210	4,542	6,392	4,953	5,601
C.V. (%) Controle		17,99	21,46	23,00	20,05	22,44
C.V. (%) Alagado		22,00	30,75	25,30	27,32	28,21

Médias seguidas de letras minúsculas indicam comparação entre tratamentos e maiúsculas entre épocas para o mesmo tratamento. Comparação entre médias feita pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da pesquisa.

Observou-se na Tabela 13 reduções significativas nos valores médios de condutância estomática (gs), sendo que no tratamento controle essa taxa ficou praticamente estável, ao passo que nas progênies alagadas houve uma redução de 0,310 para 0,224. Aos 45 dias de alagamento foram significativos os decréscimos para os materiais 44, 47, 51, 57, 61, 64 e 1074. Os decréscimos foram de aproximadamente 38% para as progênies 44 e 1074; de 16% para a progênie 47; de 31% para a 51; de 34% para as 57 e 61; e de 32% para a 64, em relação ao respectivo controle. O material 1074 apresentou decréscimo no valor da gs a partir do segundo dia de alagamento, já os materiais 44, 47, 51, 57 e 64 exibiram diminuições apenas após primeira semana. Rehem (2006) estudou oito clones de *T. cacao* submetidos ao alagamento e encontraram reduções no valor de gs para todos os clones estudados. O decréscimo de gs em plantas arbóreas tolerantes e não-tolerantes é uma resposta comum ao alagamento do solo (KOZLOWSKI, 1997). Em determinados casos, após algumas semanas de alagamento, as plantas tolerantes demonstram uma tendência a recuperar os valores de gs à semelhança das plantas controle (MIELKE et al., 2005).

Tabela 13 - Valores médios da condutância estomática (gs,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de 16 progênie de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (controle e alagado) por 45 dias em Belém, Pará, 2015.

Progênie	Tratamento	Tempo (dias)				
		2	10	20	30	45
32	Controle	0,321 aA	0,249 aB	0,240 aB	0,280 aA	0,243 aB
	Alagado	0,267 bA	0,236 aA	0,264 aA	0,257 aA	0,250 aA
42	Controle	0,358 aA	0,308 aA	0,311 aA	0,323 aA	0,291 aA
	Alagado	0,264 bA	0,170 bB	0,236 bA	0,234 bA	0,234 aA
44	Controle	0,234 bB	0,291 aA	0,312 aA	0,304 aA	0,295 aA
	Alagado	0,311 aA	0,169 bB	0,185 bB	0,202 bB	0,183 bB
46	Controle	0,297 aA	0,297 aA	0,319 aA	0,285 aA	0,290 aA
	Alagado	0,294 aA	0,187 bB	0,237 bB	0,224 aB	0,206 aB
47	Controle	0,295 bA	0,265 aA	0,280 aA	0,280 aA	0,302 aA
	Alagado	0,338 aA	0,187 bB	0,263 aB	0,295 aA	0,255 bB
48	Controle	0,281 aA	0,263 aA	0,237 aA	0,294 aA	0,267 aA
	Alagado	0,249 aA	0,247 aA	0,268 aA	0,231 aA	0,233 aA
51	Controle	0,329 aA	0,329 aA	0,286 aA	0,300 aA	0,303 aA
	Alagado	0,280 aA	0,202 bA	0,280 aA	0,270 aA	0,210 bA
56	Controle	0,281 aA	0,274 aA	0,245 aA	0,277 aA	0,275 aA
	Alagado	0,314 aA	0,197 bB	0,240 aB	0,168 bB	0,296 aA
57	Controle	0,322 aA	0,315 aA	0,356 aA	0,292 aA	0,330 aA
	Alagado	0,329 aA	0,180 bB	0,256 bB	0,245 aB	0,218 bB
61	Controle	0,285 aA	0,290 aA	0,246 aA	0,239 aA	0,262 aA
	Alagado	0,308 aA	0,204 aB	0,243 aB	0,113 bB	0,174 bB
62	Controle	0,285 aA	0,258 aA	0,236 bA	0,238 aA	0,230 aA
	Alagado	0,305 aA	0,164 bB	0,243 aB	0,207 aB	0,210 aB
63	Controle	0,327 aA	0,294 aA	0,279 aA	0,286 aA	0,281 aA
	Alagado	0,326 aA	0,212 aB	0,284 aA	0,204 aB	0,225 aB
64	Controle	0,385 aA	0,351 aA	0,317 aA	0,320 aA	0,331 aA
	Alagado	0,397 aA	0,197 bB	0,271 aA	0,234 bB	0,226 bA
174	Controle	0,273 bA	0,294 aA	0,264 aA	0,267 aA	0,268 aA
	Alagado	0,340 aA	0,214 aB	0,209 aB	0,268 aA	0,220 aB
215	Controle	0,278 bA	0,271 aA	0,264 aA	0,271 aA	0,262 aA
	Alagado	0,347 aA	0,248 aB	0,299 aA	0,225 aB	0,236 aB
1074	Controle	0,342 aA	0,324 aA	0,329 aA	0,340 aA	0,334 aA
	Alagado	0,296 bA	0,244 bA	0,248 bA	0,194 bB	0,206 bB
Média Controle		0,306	0,292	0,283	0,287	0,285
Média Alagado		0,310	0,204	0,252	0,223	0,224
C.V. (%) Controle		21,97	19,48	23,64	17,23	19,08
C.V. (%) Alagado		22,90	31,32	27,10	26,04	32,61

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas indicam comparação entre tratamentos e maiúsculas entre épocas para o mesmo tratamento. Comparação entre médias feita pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

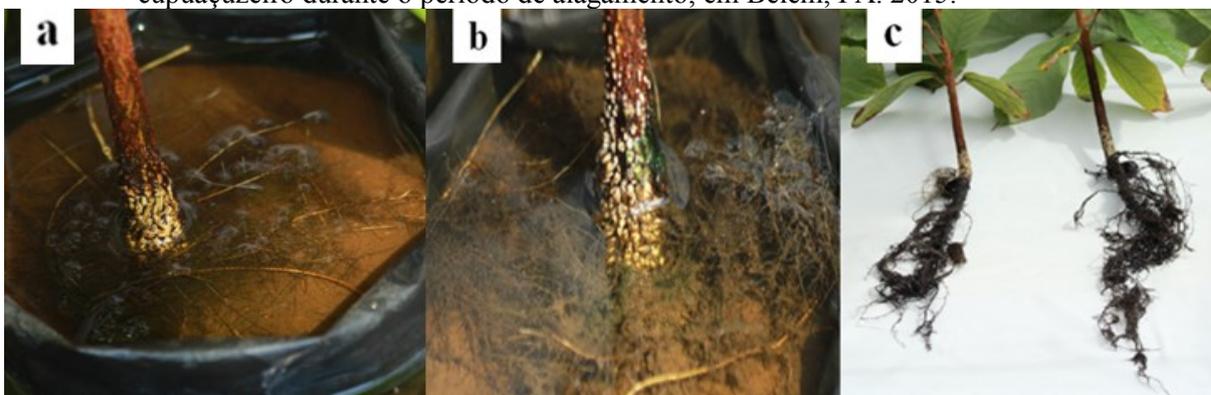
Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.4 Sobrevivência e Alterações morfológicas

Todas as mudas das progênes avaliadas sobreviveram até os 45 dias de alagamentos. Durante este período, não foram observados sintomas clássicos de estresse por inundação, como clorose de folhas maduras, decréscimo na formação de folhas e senescência foliar, discordando dos resultados encontrados por Sena Gomes e Kozlowski (1986) em plantas de cacauzeiro durante 60 dias de alagamento do substrato.

Os sintomas de estresse por inundação observados foram o desenvolvimento de lenticelas hipertróficas e formação de raízes adventícias na base do caule e nas raízes preexistentes (Figura 10a, 10b, 10c). Estes mesmos sintomas foram observados por Rehem et al. (2009) em que avaliaram seis clones de cacauzeiro durante 30 dias de alagamento do substrato.

Figura 10 - Formação de lenticelas hipertróficas (a), formação de raízes adventícias na base do caule (b) e formação de raízes adventícias nas raízes preexistentes (c) das progênes de cupuaçuzeiro durante o período de alagamento, em Belém, PA. 2015.



Fonte: Ronaldo Rosa, 2015.

Períodos longos de alagamentos normalmente resultam na paralisação do crescimento da parte aérea e radicular, murcha e clorose foliar, efeitos esses que podem levar à morte da planta (SCHAFFER et al., 1992). Esses sintomas não foram observados nos materiais avaliados, indicando que a espécie *T. grandiflorum*, de modo geral, pode ser classificada como tolerante ao alagamento. Os critérios para classificar as espécies em tolerantes à inundação são baseados na capacidade de crescimento ou sobrevivência a hipóxia do sistema radicular, associado ao tempo de duração do alagamento (LOBO-FARIA, 1998; PAROLIN, 2001). Entretanto há necessidade de testar os materiais em condições de campo, com plantas adultas, para ter possibilidades de concluir se o cupuaçuzeiro tem condições de ser utilizado em áreas sujeitas a alagamentos parciais.

## 5 CONCLUSÕES

Foram verificadas variações inter-progênes em relação à tolerância ao alagamento do substrato. As 16 progênes de *T. grandiflorum* avaliadas foram, de um modo geral, promissoras quanto ao tratamento por alagamento.

Dentre as progênes avaliadas a 32, 42, 46, 47, 57 e 215 apresentaram maior tolerância ao estresse hídrico por alagamento, justificada pelo fato desses materiais terem apresentado os maiores valores médios para a maioria dos parâmetros morfológicos avaliados, mesmo apresentando alterações em seu comportamento fisiológico. Os materiais 44, 48 e 1074 mostraram serem menos tolerantes a esse tipo de estresse.

O desenvolvimento de mecanismos adaptativos (estruturas morfológicas como lenticelas hipertróficas e raízes adventícias) e o aumento considerável da fração fitomassa das raízes, mediante o alagamento do solo, pode ter sido determinante para a sobrevivência de todas as plantas estudadas.

O fato de *T. grandiflorum* ser capaz de manter o funcionamento do aparato fotossintético sob ambiente inundado pode constituir indicativo de maior capacidade dessa espécie de sobrevivência em ambientes alagados ou de transição, se prestando ainda para recuperação de áreas degradadas ou alteradas.

## REFERÊNCIAS

- ADDISON, G.O.; TAVARES, R.M. Observações sobre espécies do gênero *Theobroma* que ocorrem na Amazônia. **Boletim Técnico do Inst. Agron. do Norte**, 135p. 1951.
- ALMEIDA, A-A.F.; VALLE, R.R. Ecophysiology of the cacao tree. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campinas, v. 19, p. 425-448, 2007.
- ALVES, R.M.; CORREA, J.R.V.; GOME, M.R. de O.; FERNANDES, G.L. da C. Melhoramento genético do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. P. 127-146. (Embrapa Amazônia Oriental, Documento, 89).
- ALVES, R.M. **Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos**. Piracicaba: ESALQ, 2002. 146p. il. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ALVES, R.M.; CRUZ, E.D. **Cultivares de cupuaçuzeiro tolerantes à vassoura-de-bruxa**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. (Recomendações Técnicas), 2003. 4p.
- ALVES, R.M.; ARTERO, A.S.; SEBBENN, A.M.; CLEMENT, C.; FIGUEIRA, A. High levels of genetic divergence and inbreeding in populations of cupuassu, *Theobroma grandiflorum*. **Tree Genetics & Genomes**, St. Louis – Missouri, USA, v.3, p. 289-298, 2007.
- ALVES, R. M. Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 40 p. il. Color. 2012.
- ALVES, R.M.; FERREIRA, F.N. **BRS Carimbó - a nova cultivar de cupuaçuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. (Comunicado Técnico 232), 2012. 8p.
- ANDREOTTI, C.M. A cultura do cupuaçu. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental**. [Carlos Hans Müller et. al.]. – Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 61p. (Coleção plantar, 24).
- ARMSTRONG, W.; BRAENDLE, R.; JACKSON, M.B. 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica** 43: 307-358.
- BARBOSA, W.C.; NAZARÁ, R.F.R.; NAGATA, I. Estudos tecnológicos de frutas da Amazônia. Belém: EMBRAPA, CPATU, 1978. 19p. (Comunicado Técnico, 3).
- BLANCH, S.J.; GANF, G.G.; WALKER, K.F. Growth and resource allocation in response to flooding in the emergent sedge *Bolboschoenus medianus*. **Aquat. Bot.** v. 63, p. 145-160, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/CLAV, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, 2009.

BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (noções básicas). Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

CALZAVARA, B.B.G.; MULLER, C.H.; KAHWAGE, O.N.C. Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro - cultivo, beneficiamento e utilização do fruto. Belém: EMBRAPA CPATU, 1984. 101p. (Documentos, 32).

CARLETTO, G.M. O número de cromossômios em cacauzeiros. Ilhéus: Instituto de Cacau da Bahia, 1946. p.35-39. (Boletim Técnico, 6).

CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H.; BENCHIMOL, R.L.; KATO, A.K.; ALVES, R.M. COPOASU [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.]: cultivo y utilización: manual tecnico. Caracas: FAO, Tratado de Cooperacion Amazonica, 1999. 152p.

CAVALCANTE, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia. Belém: Edições CEJUP/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. 279p.

CHEN, H.; QUALLS, R.G.; MILLER, G.C. Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. **Env. Exp. Bot.** v. 48, p. 119-128, 2002.

CHIARIELLO, N.R.; MOONEY, H.A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tis-sues. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (Eds.). plant physiological ecology: field methods and instru-mentation. new York: Chapman and hall, 1991. 327-365.

CONCEIÇÃO, H.E.O. da; SILVA, E.S.A.; ROCHA NETO, O.G. da; STEIN, R.L.B.; SANTIAGO, E.J.A. de; SOUSA, D.B. de; GEMAQUE, R.C.R.; SOUZA, M.M.M. de. Método para estimar a área foliar do cupuaçuzeiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. 440p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 89).

COSTA, A. M.; GOBBI, E. L.; DEMUNER, V. G.; HEBLING, S. A. O efeito da inundação do solo sobre o crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, guapuruvu. *Natureza on line*, Santa Tereza, v. 4, n. 1, p. 7-13, 2006.

CUATRECASAS, J. A. Cocoa and its aliies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contributions from the United States National Herbarium**, v.35, n.6, p.32-46, 1964.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DINIZ, T.D. de A. S.; BASTOS, T.X.; RODRIGUES, I.A.; MÜLLER, C.H.; KATO, A.K.; SILVA, M.M.M. da **Condições climáticas em áreas de ocorrência natural e de cultivo de guaraná cupuaçu, bacuri e castanha-do-brasil**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1984. 4p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 2006. 306 p.

FALCÃO, M.A.; LLERAS, E. Phenological, ecological and productivity aspects PF cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) **Acta Amazônica**, 13: 725-735, 1983.

HAMMERSTONE Jr., J.F.; ROMANCZYK Jr, L.J.; AITKEN, W.M. Purine alkaloid distribution within *Herrania* and *Theobroma*. **Phytochemistry**, v.35, n.5, p. 1237-1240, 1994.

HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; GOULART, P. F. P.; DEUNER, S.; SILVEIRA, N. M.; ZANANDREA, L.; CASTRO, E. V.; Características fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipoxia. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 70-76, 2010.

HERRERA, A.; TEZARA, W.; MARÍN, O.; RENGIFO, E. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis in trees of a tropical seasonally flooded forest. *Physiologia Plantarum*, Lund, v. 134, n. 1, p. 41– 48, 2008.

HUNT, R. **growth analysis**: plant growth analysis for beginners. london: Unwin hyman, 1990. p. 112.

KERR, W.E.; CLEMENT, C.R. Práticas agrícolas de consequências genéticas que possibilitaram aos índios da Amazônia uma melhor adaptação as condições ecológicas da região. **Acta Amazônia**. v.10, p. 251-261, 1980.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of wood plants to flooding. In: KOZLOWSKI, T. T. **Flooding and plant growth**. San Diego: Academic Press, 1984. p.129-163.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree physiology monograph** no. 1. Victoria: Heron Publishing, 1997. p. 1–29.

JACKSON, M.B. The impact of flooding stress on plants and crops. 2004. Disponível em: <[http://www.plantstress.com/Articles/waterlogging\\_i/waterlog\\_i.htm](http://www.plantstress.com/Articles/waterlogging_i/waterlog_i.htm)>, acesso em: 20 out. 2015.

JONES, H.G. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. **J. Exp. Bot.** v. 49, p. 387-398, 1998.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, RJ, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LIMA, R. M. Efeito do tamanho das sementes sobre alguns atributos fisiológicos e agronômicos. *Anuário ABRASEM*, Brasília, p.168, 1997.

LOBO-FARIA, P.C. 1998. **Estratégias Adaptativas de Espécies Arbóreas Típicas de Ambientes de Solo Hidricamente Saturado: Uma Abordagem Morfológica, Bioquímica e Ecofisiológica**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E.P. da; VIEIRA, A.H. SOUZA, V.F. de; MACEDO, R. de S. Cultivo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) K. Schum., consorciado com espécies florestais em Machadinho D'Oeste – Rondônia – características de solo. In: **Agrossilvicultura**, v.1, n.1, 2004.

LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. *anais da Esalq*, Piracicaba, v.41, p.181-202, 1984.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, v.1, p.332- 349. 1985.

MANTOVANI, W.; ROSSI, L.; NETO, S.R.; ASSAD-LUDEWIGS, I.Y.; WANDERLEY, M.G.L.; MELLO, M.M.R.F.; TOLEDO, C.B. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. In: L.M. Barbosa (ed.). **Simpósio sobre mata ciliar**. Campinas, Fundação Cargill. p. 235-267, 1989.

MEDRI, M.E. Aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. submetida ao alagamento e à aplicação de etrel. **Rev. Bras. Bot.** v. 21, p. 261-267, 1998.

MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; COLLI, S.; MULLER, C. Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (Ed.). *A bacia do Rio Tibagi*. Londrina: Edição dos editores, 2002. p. 133-172.

MEDRI, M. E.; FERREIRA, A. C.; KOLB, R. M.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; DAVANSO-FABRO, V. M.; MEDRI, C. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2007.

MIELKE, M. S.; ALMEIDA, A. F.; GOMES, F. P.; AGUILAR, M. A. G.; MANGUABEIRA, P. A. O. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of *Genipa americana* seedlings to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, Paris, v. 50, n. 3, p. 221–231, 2003.

MIELKE, M.S.; ALMEIDA, A-A.F.; GOMES, F.P.; SILVA, D.C.; MANGABEIRA, P.A.O. Effects of soil flooding on leaf gas exchange and growth of two neotropical pioneer tree species. **New Forest**. v. 29, p. 161-168, 2005.

NECHET, D. Análise da precipitação em Belém-PA, de 1986 a 1991. **Boletim de Geografia teor.** n. 23, p.150-156, 1993.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 359-363, 2008.

PARENTE, V. de M. (Coord.). *Cupuaçu*. [Rio de Janeiro]: Fundação Getúlio Vargas; Manaus: Suframa, 2003. 62p. Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica.

PARENT, C.; CAPELLI, N.; BERGER, A.; CRÈVECOEUR, M. & DAT, J.F. 2008. An overview of plant responses to soil waetrlogging. *Plant Stress* 2: 20-27.

PAROLIN, P. *Senna reticulate*, a pioneer tree from Amazonian várzea floodplains. **The botanical review**, new York, v. 67, p.239-254, 2001.

- PEZESHKI, S.R. Responses of baldcypress (*Taxodium distichum*) seedlings to hypoxia: leaf protein content, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activity and photosynthesis. **Photosynthetica**. v. 30, p. 59-68, 1994.
- PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 46, n. 3, p. 299–312, 2001.
- POLLOCK, M. M.; NAIMAN, R. J.; HANLEY, T. Plant species richness in riparian wetlands – a test of the biodiversity theory. **Ecology**, v.79, n.1, p.94-105, 1998.
- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- REHEM, B.C. **Respostas fisiológicas de clones de *Theobroma cacao* L. ao alagamento do substrato**. Ilhéus: UESC, 2006. 79p. il. Tese (Mestrado em produção vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia.
- REHEM, B.C.; ALMEIDA, A.A.F.; MIELKE, M.S.; GOMES, F.P. Efeito do alagamento do substrato no crescimento e na composição química de genótipos clonais de *Theobroma cacao* L. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p.805-815, Set, 2009.
- RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F. C. (Ed.) **Plant physiology: a treatise**. New York: Academic Press. p. 3-76, 1969.
- ROCHA, C. R. M.; ENIEL DAVID CRUZ. Teste de vigor em progênes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex. In: VI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA E XII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2008, Belém/PA. Anais do VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, 2008. v. 1. p. 1-5.
- RODRIGUES, D.M.; SANTANA, A.C. de. Aspectos da produção e da comercialização do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum) no estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., Belém, 1996. **Anais**. Belém: EMBRAPA, CPATU/JICA, 1997. p.351-360. (Documentos, 89).
- SAGRI PARÁ. Secretaria do Estado de Agricultura. **Estatística**. Disponível em: <<http://www.sedap.pa.gov.br/pagina/agricultura>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- SAID, M.M. **Aspectos culturais e potencial de uso do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) no estado do Amazonas – Manaus**. Dissertação (mestrado em Ciência do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas/UFAM, 2011. 136 f.; il. color.
- SANTOS, I.C.d.; ALMEIDA, A-A.F.d.; ANHERT, D.; CONCEIÇÃO, A.S.d.; PIROVANI, C.P.; PIRES, J.L.; VALLE, R.R.; BALIGAR, V.C. 2014. Molecular, Physiological and Biochemical Responses of *Theobroma cacao* L. Genotypes to Soil Water Deficit. **PLoS ONE** 9(12): e115746. <[doi:10.1371/journal.pone.0115746](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115746)>.
- SENA GOMES, A.R.; KOZLOWSKI, T.T. The effects of flooding on water relations and growth of *Theobroma cacao* var. catongo seedlings. **Journal of horticultural science**, Ashford kent, v. 61, p. 265-276, 1986.

SCHAFFER, B. Flooding responses and water – use efficiency of subtropical and tropical fruit trees in an environmental sensitive wetland. **Ann. Bot.** v. 81, p. 475-481, 1998.

SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C.; PLOETZ, R.C. Responses of fruit trees to flooding. **horticultural reviews**, new York, v. 13, p. 257-313, 1992.

SILVA, R.M. da. **Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum.)** – Piracicaba, 1996. 151p. il.

SOUZA, A. das G.C. de; SILVA, S.E.L. da. **Produção de mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng. Schum.))**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 19p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 1).

SOUZA, A. das G.C. de; SILVA, S.E.L. da., TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. **A cultura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 2).

SOUZA, A. das G.C. de; CARVALHO, J.E.U; NAZARÉ, R.F.R. **Cupuaçu: manejo, produção e processamento**. In: semana da fruticultura, floricultura e agroindústria, Belém, 2006. Fortaleza: Instituto Frutal, 2006. 134p.

SOUZA, A. das G.C. de. **Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental. 2007. 56 p.

TOPA, M. A.; MCLEOD, K. W. Aerenchyma and lenticel formation in pine seedlings: A possible avoidance mechanism to anerobic growth conditions. **Physiol. Plant.** v. 68, p. 540-550, 1986.

VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Ann. Bot.** v. 79, p. 3-20, 1997.

VASCONCELOS, M.N.L.; SILVA, M.L. da; MAIA, J.G.S.; GOTTLIEB, O.R. Estudo químico das sementes de cupuaçu. **Acta Amazônica**, v.5, n.3, p.239-295, 1975.

VENTURIERI, G.A; ALVES, M.L.B. & NOGUEIRA, M.D. O cultivo do cupuaçuzeiro **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura**. 1985.

VENTURIERI, G.A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento**. Belém: Clube do Cupuaçu, 1993. 108 p., il. il.

VENTURIERI, G.A. **Floral biology of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann)**. Ph.D. Thesis, University of Reading-UK, 211pp, 1994.

VERVUREN, P.J.A.; BOLM, C.W.P.M.; HROON, H. de. Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species. **Journal of Ecology**. n. 19, p. 135-146. 2003.

WHITE, S. D.; GANF, G. G. A comparison of the morphology, gas space anatomy and potential for internal aeration in *Phragmites australis* under variable and static water regimes. **Aquat. Bot.** v. 73, p. 115-127, 2002.