

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE  
MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) SUBMETIDOS AO DÉFICIT  
HÍDRICO NOS ESTADOS INICIAIS DE  
DESENVOLVIMENTO**

**Noémio Luís Fernandes**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
JULHO - 2023**

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE MAMOEIRO  
(*Carica papaya* L.) SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO NOS  
ESTADOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO**

**Noémio Luís Fernandes**

Bacharel em Engenheiro Agrônomo, UNILAB, 2020.

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito final para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Agricultura tropical).

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo  
**Coorientador:** Dr. Onildo Nunes de Jesus


**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
JULHO – 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE MAMOEIRO  
(*Carica papaya* L.) SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO NOS  
ESTADOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação De  
Noémio Luís Fernandes

Aprovada em 10 de julho de 2023

Documento assinado digitalmente  
 CARLOS ALBERTO DA SILVA LEDO  
Data: 10/07/2023 20:52:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Carlos Ledo Da Silva Ledo  
Embrapa Mandioca e Fruticultura / EMBRAPA  
Orientador

Dra. Franklin Damasceno Carvalho  
Embrapa Mandioca e Fruticultura / EMBRAPA  
Examinador Externo

Dra. Hellen Cristina da Paixão Moura  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB  
Membro Examinadora Interno

## FICHA CATALOGRÁFICA

F363c

Fernandes, Noémio Luís.

Caracterização e seleção de acessos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) submetidos ao déficit hídrico nos estados iniciais de desenvolvimento / Noémio Luís Fernandes. \_ Cruz das Almas, BA, 2023.  
78f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo.

Coorientador: Prof. Dr. Onildo Nunes de Jesus.

1.Mamão – Cultivo – Produção. 2.Mamão – Melhoramento genético.  
3.Irrigação com déficit hídrico – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.  
II.Título.

CDD: 634.651

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).



## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha querida irmãzinha Osvaldina Luís Fernandes (*in memoriam*), maior exemplo de um ser humano íntegro e ético, cuja presença foi essencial na minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à DEUS pela minha vida!

Aos meus pais, Andresa Sá e Luís Fernandes e toda minha família que ao passar de todos esses anos me deram apoio em todos momentos de dificuldade. Amo vocês!

Aos meus filhos, Fabiana Costa Fernandes e Zyan Sousa Fernandes, vossa existência me impulsiona para luta!

Ao meu orientador, o professor Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo, pelos ensinamentos, suporte e apoio para a elaboração dos trabalhos;

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização deste curso;

A todos Professores do Programa, pelos ensinamentos;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001 (DS/CAPES/UFRB - 88887.608329/2021- 00), pela bolsa concedida, pois sem a qual não seria possível a realização desse sonho;

A Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo estágio concedido e por cada momento compartilhado, grato e feliz em compartilhar dos meus dias com essa família que a ciência tem me dado;

Ao Grupo de Pesquisa Mamão, com um agradecimento especial às minhas queridas Celeste e Dra. Liliane, pelo companheirismo e apoio prestado;

Agradeço a cada pessoa que está e se faz presente em minha vida e que colaboram direta ou indiretamente para a minha evolução, gratidão!

# **CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO NOS ESTADOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO**

## **RESUMO GERAL**

A fruticultura está em constante exploração e evolução, seja no cenário Brasileiro ou Mundial. O mamoeiro que é amplamente produzido e consumido na região Nordeste, com destaque para o estado da Bahia, um dos polos de maior produção desta fruta. A baixa oferta de água e de boa qualidade tem sido um entrave na agricultura desta região, sendo necessária a adoção de manejos de irrigação e/ou de material genético que possa assegurar a produção desta cultura mesmo em condições de déficit hídrico. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar nove genótipos de mamoeiros pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa mandioca e fruticultura, para caracterizá-los em condição de déficit hídrico nos estágios iniciais do desenvolvimento vegetativo. Um experimento em esquema fatorial 2 x 9 foi conduzido em uma casa de vegetação. O primeiro fator foi referente a oferta de água (irrigado e não irrigado), enquanto o segundo foi constituído por nove genótipos de mamoeiro. Avaliou-se a altura das plantas, número de folhas, diâmetro de caule, comprimento total de raiz, massas secas da parte aérea, das raízes e total, além do índice de qualidade de Dickson. Aos 88 DAS a parte aérea das plantas foram separadas do sistema radicular para obter as amostras de raízes. As raízes foram digitalizadas utilizando-se um scanner e processadas a partir do software WinRHIZO. Obteve-se o diâmetro médio de raiz (mm), classes de diâmetro (cm) e comprimento total de raiz (cm). Os resultados mostraram efeito significativo para a interação dos fatores de altura de plantas, massa seca de raiz, massa seca total e índice de qualidade de Dickson. Não houve efeito significativo para a interação dos fatores no sistema radicular. Foi possível identificar 5 genótipos: L47P5 (Formosa), CMF250 (Solo), L1006 (Formosa), Tainung (Formosa) e L47P8 (Solo) com respostas promissoras para a tolerância ao déficit hídrico, por terem demonstrado insensibilidade na maior parte dos caracteres avaliados e darão continuidade ao processo de avaliação estabelecido dentro do programa de melhoramento. O genótipo CMF234 pertencente ao grupo Solo tem o desempenho agrônomo mais afetado negativamente quando cultivado sob déficit hídrico; A condição irrigada proporcionou melhor desenvolvimento para as plantas de mamoeiro.

**Palavras-Chave:** Índice de Dickson, Melhoramento Genético, Tolerância, Raízes Finas, Sistema Radicular.

# CHARACTERIZATION AND SELECTION OF PAPAYA GENOTYPES (*Carica papaya* L.) SUBMITTED TO WATER DEFICIT IN THE INITIAL STATES OF DEVELOPMENT

## GENERAL ABSTRACT

Fruit growing is in constant exploration and evolution, whether in the Brazilian or World scenario. The papaya tree that is widely produced and consumed in the Northeast region, with emphasis on the state of Bahia, one of the largest production poles of this fruit. The low supply of good quality water has been an obstacle to agriculture in this region, requiring the adoption of irrigation management and/or genetic material that can ensure the production of this crop even in conditions of water deficit. The aim of this study was to evaluate nine genotypes of papaya trees belonging to the Active Germplasm Bank (BAG) of Embrapa cassava and fruit growing, in order to characterize them in conditions of water deficit in the initial stages of vegetative development. An experiment in a 2x9 factorial scheme was conducted in a greenhouse. The first factor referred to water supply (irrigated and non-irrigated), while the second consisted of nine papaya genotypes. Plant height, number of leaves, stem diameter, total root length, shoot, root and total dry mass were evaluated, in addition to the Dickson quality index. At 88 DAS the shoots of the plants were separated from the root system to obtain root samples. The roots were digitized using a scanner and processed using the WinRHIZO software. Mean root diameter (mm), diameter classes (cm) and total root length (cm) were obtained. The results showed a significant effect for the interaction of plant height, root dry mass, total dry mass and Dickson's quality index. There was no significant effect for the interaction of factors on the root system. It was possible to identify 5 genotypes: L47P5 (Formosa), CMF250 (Soil), L1006 (Formosa), Tainung (Formosa) and L47P8 (Soil) with promising responses for tolerance to water deficit, as they demonstrated insensitivity in most of the characters evaluated and will continue the evaluation process established within the improvement program. The CMF234 genotype belonging to the solo group has the most negatively affected agronomic performance when cultivated under water deficit? The irrigated condition provided better development for the papaya plants.

**Key words:** Dickson Index, Genetic Improvement, Tolerance, Fine Roots, Root System.

## LISTA DE TABELA

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1** – Código de acessos de mamoeiro avaliados em condições de déficit hídrico e seu respectivo grupo heterótico..... 27

**Tabela 2** –Resultado da análise de variância (ANAVA), para as variáveis, altura das plantas (ALT), diâmetro do caule (DC), número das folhas (NF), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) ..... 33

**Tabela 3**- Altura das plantas (cm) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à 16 dias de suspensão hídrica na fase inicial de crescimento..... 34

**Tabela 4**- Diâmetro do caule de diferentes genótipos de mamoeiro submetidos a 16 dias de suspensão hídrica na fase inicial de crescimento..... 35

**Tabela 5**- Médias de diâmetro do caule (mm) de diferentes genótipos de mamoeiro para os tratamentos controle e de déficit hídrico durante 16 dias na fase inicial de crescimento.....36

**Tabela 6**- Número de folhas dos diferentes genótipos de mamoeiro para os tratamentos testados (condição controle e déficit hídrico) na fase inicial de crescimento durante 16 dias.....37

**Tabela 7**- Massa seca da parte aérea (MSPA) (g) de diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à irrigação (controle) e suspensão hídrica por 16 dias na fase inicial de crescimento..... 38

**Tabela 8**- Massa seca de raiz (MSR) (g) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à suspensão hídrica por 16 dias na fase inicial de crescimento.....39

**Tabela 9**- Massa seca total (g) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à suspensão hídrica por 16 dias na fase inicial de crescimento.....40

**Tabela 10**- Índice de qualidade de Dickson (IQD) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à 16 dias de suspensão hídrica na fase inicial de crescimento.....42

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1** - Código de acessos de mamoeiro avaliados em condições de déficit hídrico e seu respectivo grupo heterótico.....56

<b>Tabela 2</b> - Resultado da análise de variância, para as variáveis, comprimento total do sistema radicular (COMP), diâmetro médio do sistema radicular (DIAM), volume do sistema radicular (VOL), raízes de diâmetro $0 \leq 2$ mm (C1) e raízes de diâmetro $> 2$ mm (C2)	58
--	----

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1</b> – Plantas dispostas em bancada com vasos acoplados na base para controle da drenagem	29
--	----

<b>Figura 2</b> – Genótipos de mamoeiro CMF47P8, CMF150, Tainung, CMF248, CMF250, CMF011, CMF234, L1006 e L47P5, avaliados em condições de déficit hídrico	41
--	----

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 1</b> – Plantas dispostas em bancada com vasos acoplados na base para controle da drenagem	56
--	----

<b>Figura 2</b> – Comprimento total de raiz (cm) de nove genótipos de mamoeiro submetido à condição de déficit hídrico	59
--	----

<b>Figura 3</b> – Comprimento total do sistema radicular (cm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico)	59
--	----

<b>Figura 4</b> – Diâmetro do sistema radicular (mm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico)	61
---	----

<b>Figura 5</b> – Volume do sistema radicular (cm <sup>3</sup> ) dos genótipos de mamoeiro submetidos às condições de déficit hídrico	61
---	----

<b>Figura 6</b> – Volume do sistema radicular (cm <sup>3</sup> ) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico)	62
---	----

<b>Figura 7</b> – Raízes de diâmetro ( $0 \leq 2$ mm) dos genótipos de mamoeiro submetidos às condições de déficit hídrico	63
--	----

<b>Figura 8</b> – Raízes de diâmetro ( $0 \leq 2$ mm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico)	63
--	----

**Figura 9** – Raízes de diâmetro (>2mm) dos genótipos de mamoeiro submetidos às condições de déficit hídrico.....65

**Figura 10** – Raízes de diâmetro (>2mm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico).....65

## SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2.0</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1	Aspectos gerais da espécie <i>Carica papaya</i> L.....	15
2.2	Importância socioeconômica.....	18
2.3	Relações hídricas e déficit hídrico no mamoeiro.....	20
2.4	Melhoramento genético do mamoeiro.....	22
<b>3.0</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>
.		
<b>CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO QUANTO AO DÉFICIT HÍDRICO.....</b>		<b>33</b>
<b>RESUMO.....</b>		<b>34</b>
.		
<b>ABSTRACT.....</b>		<b>35</b>
.		
<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>2.0</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
2.1	Localização e condução do experimento.....	37
2.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	37
2.3	Formação e produção das mudas.....	38
2.4	Condução do experimento.....	38
2.5	Variáveis avaliadas.....	40
<b>3.0</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>4.0</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>5.0</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
.		

<b>CAPÍTULO 2 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO SOB CONDIÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO.....</b>		<b>59</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>60</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>61</b>
<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>2.0</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>63</b>
2.1	Localização e condução do experimento.....	63
2.2	Delineamento experimental e	63
2.3	tratamentos.....	64
2.4	Formação e produção das	64
2.5	mudas.....	66
	Condução do experimento.....	
	Variáveis avaliadas.....	
<b>3.0</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>E 68</b>
	<b>DISCUSSÃO.....</b>	
<b>4.0</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>76</b>
<b>5.0</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), é uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo devido suas elevadas propriedades nutricionais e terapêuticas que contribuem expressivamente para o aporte de nutrientes e de compostos bioativos na dieta humana. (REIS et al., 2015; CAMPOSTRINI et al., 2018; RUAS et al., 2022).

A busca pelo aumento da produção e da produtividade do mamão encontra-se em constante estudo pelos pesquisadores nos principais polos do Brasil, através do desenvolvimento de tecnologias agrícolas e estudos de adaptação da planta a diferentes regiões. Essas buscas foram motivadas pelo bom preço alcançado na comercialização, pelo vasto mercado consumidor e pela diversidade de usos e aplicações industriais (EMBRAPA, 2019). Possui expressiva importância agrícola e é amplamente explorada em todo o mundo, sendo um dos frutos mais consumidos pelos brasileiros, com o consumo per capita de 1,8 kg ano<sup>-1</sup> no ano 2018 (FAO, 2020; MODA; MENDES; CAMARGO, 2021).

O fruto pode ser consumido in natura, como também em forma de bebidas, doces, suco, geleias, tortas, fruta seca e cristalizada (MORTON, 1987; BARROSO et al., 2016; PRASETYA et al., 2018; CARVALHO et al., 2020; SERAFINI et al., 2021). A espécie é rica em fonte de nutrientes antioxidantes (caroteno, vitamina C e flavonóides), possui vitaminas do complexo B (ácido fólico), fontes de sais minerais e fibras, proteínas, carboidratos (glicose, sacarose e frutose), potássio e magnésio (EVANS; BALEN, 2012; BARROSO et al., 2016; PRASETYA et al., 2018; CARVALHO et al., 2020).

A produção do mamão é economicamente importante, por isso em 2020, o seu rendimento global anual atingiu alto nível, cerca 14 milhões de toneladas (IBGE, 2021; TRIDGE, 2021), sendo a quarta fruta tropical mais consumida depois de banana, manga e do abacaxi (FAO, 2020). No ranking mundial de produção de mamão de 2021, o Brasil ocupa a segunda posição, superado apenas pela Índia, atingindo em média 1.46 milhão t ano<sup>-1</sup> em 28.450 hectares correspondendo a 8,9% do total da produção mundial (FAO, 2021; FAOSTAT, 2021). Isso permitiu um aumento na exportação de mamão brasileira para 28,45% do total mundial, ocupando a segunda posição depois do México com 29,19% (TRIDGE, 2021).

O desenvolvimento de genótipos tolerantes aos impactos das mudanças climáticas é um dos aspectos de grande importância para expansão e sustentabilidade da cultura do mamoeiro no Brasil. Este problema que está causando desproporções espaciais na pluviometria, com eventos extremos de chuva forte em algumas regiões e episódios de seca em outras, causa também o aumento nas temperaturas médias especialmente nos trópicos, afetando principalmente os países em desenvolvimento (BATHIANY et al., 2018; IPCC, 2019; DIFFENBAUGH; BURKE, 2019).

As alterações no clima a exemplo do incremento da temperatura e de seu impacto sobre a umidade relativa do ar e do solo, em um futuro próximo, pode tornar a produção de mamão em condições de sequeiro, economicamente inviável nos principais polos produtivos do país (COELHO FILHO et al., 2011). Por isso, é necessário atentar para a minimização de impactos sobre a produtividade de mamoeiro utilizando tecnologias e estratégias de melhoramento genético diferenciados (CHÁVEZ-PESQUEIRA; NÚÑEZ-FARFÁN, 2017; SERAFINI, 2021), porque o crescimento do mamoeiro é prejudicado por fatores ambientais acima e abaixo dos níveis ótimos da espécie, assim como os estresses provocados pelo excesso de irradiância, escassez hídrica e chuvas intensas (EMBRAPA, 2018), sendo fundamental a realização de estudos específicos com novos genótipos.

Segundo Campostrini Lima (2015), uma importante ação para a elevação no uso efetivo de água no mamoeiro é criar estratégias de manejo como o uso de cobertura plásticas sob solo (“mulching”) para reduzir a evaporação do solo, efetuar preparo de solo como forma de permitir maior aprofundamento das raízes, selecionar genótipos com maior agressividade de raízes relacionadas ao aprofundamento do sistema radicular e com maior espessura de cutícula foliar.

O Brasil se encontra entre os dez países com maior área irrigada e mais dinâmica consumidor de água doce do mundo (ANA, 2017; ANA, 2020). Sendo que, a ampliação dessas áreas vem sendo dificultadas devido à escassez hídrica em regiões produtoras (IBGE, 2017). Por exemplo, a seca de 2012-2017, considerada o episódio mais severo dos últimos tempos, reduziu significativamente a oferta hídrica nas regiões produtoras de mamão do estado da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Espírito Santo (MARENGO et al., 2017). No entanto, são regiões com baixa disponibilidade hídrica e chuvas reduzidas, vulneráveis às mudanças climáticas, o

que reduz drasticamente o uso de água na agricultura (MARENGO; BERNASCONI, 2015; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

Por isso, várias estratégias de gestão de água foram desenvolvidas em diferentes partes do mundo para minimizar o impacto do déficit hídrico e o uso da água nas diferentes culturas de interesse agrônômico (KANG et al., 2002; GU et al., 2000; GOODWIN; JERIE, 1992). Inclusive na cultura do mamoeiro (MANJUNATH et al., 2017; SANTOS et al., 2021a, b). Dentre elas destacam-se a técnica de déficit hídrico regulado (RDI) que reduz a disponibilidade hídrica no tempo e a irrigação parcial do sistema radicular (IPSR) que maneja a água no tempo e no espaço.

Estudos realizados com essas técnicas mostram que quando o sistema radicular é submetido ao déficit hídrico moderado, ocorre um aumento na síntese de ácido abscísico (ABA) nas raízes, que é transportado pelos vasos do xilema para parte aérea da planta, estimulando assim o fechamento parcial dos estômatos e reduzindo a perda de água para atmosfera (DAVIES; ZHANG, 1991; DAVIES; KUDOYAROVA; HARTUNG, 2005; ANTOLÍN; AYARI; SANCHEZ, 2006).

Portanto, perante o aumento acentuado da escassez de água nas regiões produtoras do mamoeiro e devido à existência de poucos genótipos de mamoeiros considerados tolerantes a limitação deste recurso, a caracterização de diferentes materiais genéticos em coleções de germoplasma quanto ao déficit hídrico pode contribuir no entendimento do efeito da restrição hídrica na atividade fisiológica dessa cultura. Deste modo, é possível o desenvolvimento e seleção de genótipos promissores tolerantes ao déficit hídrico (CAMPOSTRINI et al., 2010; RUAS, 2022). Isto é, sem comprometer a fotossíntese, o crescimento e a produção da planta, podendo ser explorados nos programas de melhoramento para desenvolvimento de variedades melhoradas e reduzir o impacto sobre a vida útil dos pomares e dos custos de produção com a irrigação ((JOVANOVIC; STIKIC, 2018; BREWER et al. 2021; PÁDUA, 2019).

Considerando as questões acima, objetivou-se com o presente trabalho avaliar nove genótipos de mamoeiros pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa mandioca e fruticultura, para caracterizá-los em condição de déficit hídrico nos estágios iniciais do desenvolvimento vegetativo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Aspectos gerais da espécie *Carica papaya* L.

O mamoeiro (*C. papaya* L.) está amplamente distribuído na maioria das regiões subtropicais e tropicais do mundo (FUENTES; SANTAMARÍA, 2014). O mamoeiro pertence ao reino Plantae, Magnoliophyta (ou Angiospermae), classe Magnoliopsida (ou Dicotyledoneae), ordem Brassicales e família Caricaceae (JUDD et al., 2009; ITIS, 2011; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021). Essa família conta com 35 espécies distribuídas em seis gêneros (JOLY, 1993 apud SILVA, 2007; BADILLO, 2000; VAN DROOGENBROECK et al., 2002; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021). O gênero *Vasconcellea* apresenta 21 espécies originários da América, o gênero *Cylicomorpha* conta com 2 espécies originários da África Equatorial, *Jacaratia* (7 espécies) distribuída do México ao Brasil, *A Jarilla* conta com 3 espécies distribuída no México e na Guatemala, o mais novo gênero *Horovitzia* conta com 1 espécie no México e o gênero *Carica* com uma única espécie que é cultivada comercialmente, *C. papaya* apresenta apenas uma espécie do México ao Chile, Argentina e leste do Brasil. (BADILLO, 2001; FORZZA et al., 2010; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021).

Atualmente um dos assuntos de muita discussão entre os pesquisadores de mamoeiro é sobre o local exato de origem do mamoeiro (OLIVEIRA; MEISSNER, 2021). Segundo Lorenzi et al. (2006), o centro de origem e dispersão é a América tropical em geral. Carvalho; Renner (2014) afirmam que mamoeiro é originária da África Tropical donde a sua dispersão para a América Central ocorreu há cerca de 35 milhões de anos através das sementes dormentes carregadas pelas correntes oceânicas até a Mesoamérica em ilhas de vegetação flutuante.

No entanto, existem relatos de que a espécie seja oriunda das terras baixas da América Central Oriental, do México ao Panamá onde é cultivado por povos nativos (CHÁVEZ-PESQUEIRA; NÚÑEZ-FARFÁN, 2017). Segundo Chan et al. (2008), mamão (*C. papaya* L) vem do Sul do México e Nicarágua. Segundo Dantas et al. (2013) o centro de origem é o Noroeste da América do Sul-vertente oriental dos Andes, ou mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior, onde a diversidade

genética é máxima. Acredita-se que a cultura foi propagada pelos espanhóis no século XVI, na ilha Hispaniola atual Haiti, onde se alastrou para ilhas das Índias Ocidentais (Jamaica, Venezuela Argentina e Brasil sequencialmente) (CARVALHO; RENNERT, 2014; CHÁVEZ-PESQUEIRA; NÚÑEZ-FARFÁN, 2017; SERAFINI et al., 2021).

Os mamoeiros mais cultivados atualmente são da espécie *Carica papaya* e pertencem aos dois grupos heteróticos (Solo e Formosa) e são trióicas, ou seja, apresentam três formas sexuais (feminina, masculina e hermafrodita), embora em alguns casos seja provável ainda, encontrar mamoeiros comuns ou dióicos em pomares domésticos. É comum encontrar variedades do grupo Solo em diferentes regiões do mundo, principalmente as cultivares Sunrise Solo e Golden, por produzirem frutos de tamanho pequeno (350 a 600 g), de casca lisa, polpa vermelha-alaranjados e doces preferidos pelos consumidores. Já os híbridos comerciais do grupo Formosa conquistaram o mercado nacional e internacional (Europa, Canadá e Estados Unidos) devido a sua cultivar Tainung nº 1 de tamanho grande (900 a 1.100g), importado de Kaohsiung (Taiwan) por US\$ 3.500-4.000/kg da semente (DANTAS; OLIVEIRA, 2009; OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011; REIS et al., 2015; VIVAS et al., 2017; CARVALHO et al., 2020; SERAFINI et al., 2021).

O sistema radicular do mamoeiro é pivotante com raiz principal bastante desenvolvida, de coloração branco-cremosa, capazes de explorar a camada de solo em torno de 1m de profundidade e apresenta ramificações radiais distribuídas em maior quantidade nos primeiros 30cm do solo (LUNA, 1980; GOMES, 1986; TRINDADE, 2000; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021). Requer solos profundos, bem drenados, ricos em matéria orgânica, com textura arenosa argilosa e pH entre 5 e 7 (MARIN et al. 1995). O consumo de água da cultura varia de 2mm/dia a 4mm/dia até 5mm/dia a 7mm/dia, ou seja, o consumo anual varia de 1200 a 3125 mm (COELHO et al., 1999; OLIVEIRA et al., 1994).

O mamoeiro possui caule semi-lenhoso, raramente ramificado, cilíndrico de 10 a 30 cm de diâmetro, herbáceo, ereto, cuja altura pode atingir 9 m de comprimento na fase adulta, apresenta coloração verde-clara no ápice e verde-grisácea a acinzentada na base, além de sintetizar látex que carrega papaína na sua composição (GOMES, 1986; MING et al., 2007; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021).

As folhas do mamoeiro emergem do meristema apical, partidas em lóbulos, nervadas, alternadas, dispostas de forma espiralada, grandes com 20 a 60cm de

comprimento e até 70cm de largura, de coloração verde-clara mate na face superior e verde-brancacento pálido na face inferior (MEDINA et al., 1989; MARTINS; COSTA, 2003; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021). Possui longos pecíolos, fistulosos, cilíndricos, verde-pálidos, roxo ou vermelhos, geralmente de 50 a 70cm de comprimento, podendo atingir 1m de comprimento (BADILLO, 1993).

Em épocas de floração, o mamoeiro pode formar até três tipos de flores: a pistilada ou feminina típica; a flor estaminada ou masculina típica; e as hermafroditas consideradas de interesse comercial. Entretanto a flor hermafrodita tem ocorrência de anomalias florais como reversão sexual, carpeloidia e pentandria. A espécie é diplóide com  $2n=2x=18$  cromossomos. Possui genoma sequenciado em torno de 372 milhões de pares de bases (Mpb) (STOREY, 1953; COTRUT, et al., 2017; OLIVEIRA; MEISSNER, 2021).

O formato do fruto de mamão é do tipo baga classificado em redondo, oblongo, alongada, cilíndrico e piriforme dependendo do tipo de flor. A casca pode ser fina e lisa com a coloração que varia de verde, amarelo-clara e alaranjada, sobre uma polpa amarelo, de 2,5 cm a 5 cm de espessura e de coloração que pode variar de amarelo a avermelhada. O peso varia de acordo com o heterótipo, podendo pesar até 1 Kg. As sementes do mamoeiro são pequenas, redondas, rugosas e recobertas por sarcotesta, uma camada mucilaginosa protetora, com coloração diferente para cada variedade (TRINDADE, 2000; DIAS et al., 2015; BARROSO et al., 2016; LIMA et al., 2018; SERAFINI et al., 2021).

A propagação do mamoeiro ocorre preferencialmente por via de sementes, podendo acontecer também por meio de estacas, e de enxertia. A propagação via sementes promove uma variabilidade genética, que por sua vez dificulta a uniformização do pomar, devido a formação de plantas com flores pistiladas, estaminadas e hermafroditas. Esta ocorrência da variabilidade aumenta os custos de implementação e produção do pomar, fazendo-se necessário a realização dos desbastes e/ou sexagem do mamoeiro no momento do florescimento, que ocorre em média entre o terceiro e quarto mês após o plantio, de modo que, sejam mantidos em campo preferencialmente os mamoeiros hermafroditas, pois, os formatos dos seus frutos atendem às demandas e exigências do mercado interno e internacional (FACHINELLO et al., 1995; COSTA et al., 2003).

A germinação ocorre entre dez e vinte dias após a semeadura (LIMA et al., 2018). Os pomares devem ser renovados a cada dois ou três anos, pois, pomares

com duração superior são acometidos pela queda na produção, e, pela produção de frutos desuniformes e ocorrência de viroses entre elas o vírus da mancha anelar (DANTAS; CASTRO NETO, 2000; BENASSI, 2007; RAMALHO et al., 2011).

A espécie é cultivada na latitude de 32° Norte a 32° Sul e altitude de até 200 metros no mundo todo. No entanto, o clima tem grande influência na planta, pois facilita a incidência de anomalias florais (OLIVEIRA; MEISSNER, 2021). A cultura é praticada na faixa de temperatura de 21-33 °C, sendo que a temperatura ótima é de 25 °C. As temperaturas abaixo de 15 °C comprometem a produção de mamão, tornando-a inadequada para o cultivo em campo aberto, enquanto que, as temperaturas acima de 30 °C limitam a fotossíntese e dificultam a fertilização das flores comprometendo assim a produção (NAKASONE et al., 1998; CRANE, 2005; CAMPOSTRINI; GLENN, 2007; SALINAS et al., 2021).

Para garantir um ótimo crescimento, o mamoeiro requer a umidade relativa do ar (UR) na faixa de 60-85% (NAKASONE et al., 1998), pois, a baixa UR causa queda prematura das folhas, reduzindo a translocação dos fotoassimilados para formação dos frutos. A baixa UR e altas temperaturas também estimulam a proliferação de ácaros vermelhos (ABATO-ZÁRATE et al., 2018). No entanto, a alta UR favorece malformações de flores e frutas desuniformes, assim como doenças fúngicas (CUNNINGHAM et al., 2012; DAMASCENO et al., 2018; SALINAS et al., 2021). Sabe-se ainda que a alta temperatura associada ao maior teor de umidade produz maiores sólidos solúveis totais (TSS) no mamão (DINESH et al., 2012).

## **2.2. Importância socioeconômica**

O mamoeiro apresenta grande importância econômica na produção de frutos devido sua principal espécie *C. papaya* L., amplamente cultivada na região tropical e subtropical do mundo (HEYWOOD, 1985). A maior produção mundial de mamão concentra-se principalmente na Índia, Brasil, México Indonésia e República Dominicana (FAOSTAT, 2022). O aumento do consumo pela população mundial oferece grandes oportunidades para aumentar a produção e produtividade desta fruta. Em 2020, foram cultivados 451.181 ha de mamoeiro no mundo inteiro (FAO, 2020). No entanto, dependendo da produção do país, os rendimentos em quilos por unidade de área podem variar, sendo que o maior rendimento foi observado na

Indonésia, com 9,06 Kg.m<sup>-2</sup> e Nigéria obteve menor rendimento com 0,85 Kg.m<sup>-2</sup>. México, Índia e Brasil produziram entre 4,28 e 5,69 kg.m<sup>-2</sup> (FAO, 2018).

A produção do mamão é economicamente importante, por isso, em 2020, o seu rendimento global anual atingiu alto nível, cerca 14 milhões de toneladas (IBGE, 2021; TRIDGE, 2021), sendo a quarta fruta tropical mais consumida depois de banana, manga e do abacaxi (FAO, 2020). No Brasil o mamão é uma das mais importantes frutas tropicais, sendo cultivada praticamente em todos os Estados brasileiros com destaque para os Estados de Espírito Santo, Bahia e Ceará; responsáveis por 77,7% da produção brasileira, somando 959.522 toneladas e 18.955 hectares em 2020. (IBGE, 2020). A grande produção brasileira foi devido à dimensão da área territorial produzida e da possibilidade de cultivo e produtividade da planta durante todas as estações do ano, nas zonas de produção (EMBRAPA, 2019).

Isso permitiu um aumento na exportação de mamão brasileira para 28,45% do total mundial, ocupando a segunda posição depois do México com 29,19%, sendo que, os três principais países europeus que mais importou mamão brasileiro foram principalmente Portugal com cerca de US\$ 8,5 milhões (21,14%), Países Baixos (Holanda) aproximadamente US\$ 6,9 milhões (17,10%) e Espanha com US\$ 6,0 milhões (15,77%) (TRIDGE, 2021). No entanto, o volume colhido e a área mantiveram-se quase estáveis em 2021, com pequena variação em algumas regiões específicas, para mais ou menos.

De acordo com os dados do Anuário Brasileiro De Fruticultura (2019), o mercado de exportação cresceu. Em 2017 foram exportadas 39,1 mil toneladas de mamão, enquanto que em 2018 o volume subiu para 42,7 mil toneladas, com destaque para o mamão Formosa. O volume da exportação subiu 9% e a receita 21%, passando de US\$41,3 milhões para US\$50,1 milhões. Com demanda o ano todo, a Europa representou 90% das aquisições. Os demais 10% das exportações são destinados a países como Canadá (0,98%), Argentina (0,74%), Uruguai (0,56%), Emirados Árabes (0,41%), Bélgica (0,13%), Rússia (0,10%), Áustria (0,04%), Nova Guiné (0,02%), Hong Kong, Paquistão e Austrália.

O mamoeiro alcançou uma relevante importância socioeconômica no Brasil e no mundo, devido suas características nutricionais e variada aplicabilidade na geração de empregos diretos e indiretos, tendo em vista que os tratos culturais, a colheita e a comercialização ocorrem durante o ano todo, além do mais, a renovação



dos pomares a cada 2 ou 3 anos garante a permanência do homem do campo na zona rural, diminuindo significativamente o êxodo rural (LIMA et al., 2007; RAMALHO et al., 2011; SANTANA, 2019).

A comercialização do mamoeiro não se restringe apenas aos frutos, mas, também é extraída a papaína, enzima proteolítica, com ação semelhante à pepsina e tripsina, empregada nos mais diversos usos nas indústrias têxteis, farmacêuticas, de alimentos e cosméticos. Além da extração de papaína, a partir das folhas, frutos e sementes do mamoeiro, extrai-se também carpaína, alcalóide, utilizado como ativador cardíaco (OLIVEIRA et al., 1994; BARROSO et al., 2016; CARVALHO et al., 2020).

### **2.3. Relações hídricas e déficit hídrico no mamoeiro**

A água é um recurso natural fundamental para o desenvolvimento e manutenção da vida na terra, o uso e a demanda pela agricultura e culturas agrícolas é crescente. Dessa forma, estudar as relações hídricas associadas ao manejo das culturas agrícolas é de fundamental importância, a fim de que haja uma compreensão dos parâmetros fisiológicos associados ao déficit hídrico.

O estudo do déficit hídrico associado ao melhoramento genético das culturas está em grande ascensão nas mais diversas culturas. O déficit hídrico ocorre no período em que a transpiração da planta é maior que a absorção de água pelas raízes (DEVLIN, 1975). Sendo assim, SILVA et al. (2019) se propuseram a estudar as relações de déficit hídrico na cultura dos citros, devido à crescente demanda por água na região produtora, problema que também afeta a produção de mamão.

Segundo CAMPOSTRINI; GLENN (2007), o mamoeiro é afetado de maneira direta pelos fatores ambientais que refletem no comportamento dos estômatos. No entanto é sensível à falta de água e ao manejo incorreto da irrigação, condições em que ocorre uma diminuição no crescimento das plantas e comprometimento das funções fisiológicas da cultura (trocas gasosas), o que promove a ocorrência da abscisão foliar (SANTOS, 2016). Sendo assim, identificar e compreender estas respostas fotossintéticas são de grande importância para regiões tropicais.

O estresse abiótico promove perturbações e reduz o desenvolvimento vegetal, nessas condições, o mamoeiro apresenta como resposta fisiológica e

bioquímica a senescência e abscisão foliar e deficiência de nutrientes (CAMPOSTRINI; GLENN, 2007; SILVA et al., 2019).

Os vegetais possuem mecanismos fisiológicos de adaptação capazes de conferir sobrevivência às condições adversas de cultivo, associados a mecanismos naturais. Em condições de déficit hídrico prolongado, uma das primeiras respostas da planta a falta de água no solo para diminuir a perda de água por transpiração é o fechamento estomático, com redução de área foliar e da condutância estomática, que são fatores determinantes para o acúmulo de carbono nas plantas (BUCKLEY, 2019; RUAS, 2022).

De acordo com SILVA et al. (2019), entender a interação entre os processos fisiológicos da planta é a base fundamental para a promoção de uma produção agrícola rentável e sustentável, seja em condições de campo ou de ambiente controlado.

Ultimamente muitos trabalhos voltados ao melhoramento genético do mamoeiro têm sido realizados, na perspectiva de ampliar a base genética, caracterizar e desenvolver novos genótipos que conjuguem de características superiores desejáveis e apresentem alto potencial produtivo (REIS et al., 2015).

Para que esses genótipos sejam selecionados e recomendados, é necessário que sejam realizados estudos a fim de caracterizar o crescimento e desenvolvimento das culturas. Segundo Cattivelli et al. (2008), essa seleção parte inicialmente da descrição fenotípica das plantas nessas condições. No entanto, Silva et al. (2019) realizaram a fenotipagem de novos porta-enxertos de híbridos de citros em condições de irrigação controle e de seca e constataram que em condições de stress hídrico, os híbridos reuniram mecanismos de tolerância à seca, ajuste osmótico, endurecimento da parede celular, aumento da biomassa radicular e melhor eficiência do uso da água (PEDROSO et al., 2014; GONÇALVES et al., 2016).

Segundo Coelho Filho (2007), o melhor crescimento, desenvolvimento e produtividade do mamoeiro é devido à expansão do sistema radicular. Em condições favoráveis, a planta consegue absorver do solo água e nutrientes adequadamente, de modo que sejam suficientes para a formação potencial da planta, favorecendo seu crescimento sem que a relação raiz: copa seja comprometida.

Mahouachi et al. (2006), verificaram que o mamoeiro cv. “Baixinho de Santa Amália”, quando submetido à condição de seca teve o seu desenvolvimento

fisiológico comprometido, isso foi constatado, a partir da redução do crescimento das plantas, indução à abscisão foliar, queda drástica da taxa fotossintética, embora, o potencial hídrico da folha não foi reduzido. Quando testado o período de reidratação, observou-se que ocorreu o estímulo ao crescimento das plantas e surgimento de novas folhas. Verificou-se também que em condições de estresse hídrico, o mamoeiro possui a capacidade de aumentar o teor de íons e assim contribuir para o ajuste osmótico.

#### **2.4. Melhoramento genético do mamoeiro**

O aumento do consumo pela população mundial oferece grandes oportunidades para aumentar a variedade e qualidade de frutas e produtos vegetais cultivados, contribuindo assim de forma significativa com o agronegócio no Brasil. Isso é possível com auxílio do melhoramento genético de diversas culturas agrícolas, através do aumento da oferta de material melhorado para exploração comercial (SAATH; FACHINELLO, 2018).

Por isso, os programas de melhoramento genético do mamoeiro procuram contribuir no desenvolvimento dos genótipos com características superiores, resistentes a pragas e doenças, tolerantes ao estresse hídrico e condições de seca, além de selecionar alguns caracteres de interesses morfoagronômicos, nomeadamente: vigor, ausência de ramificação lateral, elevado número de frutos comerciais e elevada quantidade de flores hermafroditas, frutificação precoce, baixo porte das plantas, ausência ou ocorrência mínima de carpeloidia, pentandria e esterilidade de verão, alta produção, baixo peso do fruto, uniformidade do tamanho do fruto, polpa espessa e cavidade ovariana pequena em formato de estrela, alto teor de sólidos solúveis totais e ratio, boa firmeza do fruto e longevidade dos frutos na pós-colheita (LUNA, 1986; GIACOMETTI ; FERREIRA, 1988; DANTAS, 1999; FERREIRA et al., 2016).

Atualmente, entre programas de melhoramento do mamoeiro que se encontram em execução em diferentes instituições brasileiras, destacam-se: a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Mandioca e Fruticultura, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF em parceria com a empresa Caliman Agrícola S.A. (UENF/CALIMAN), e o Instituto Capixaba de

Pesquisa e Extensão Rural – Incaper. As variedades de mamoeiro cultivadas comercialmente são bastante reduzidas e se divide em dois grupos: Solo e Formosa, que possuem características distintas quanto ao tamanho do fruto e mercado consumidor, entre outras diferenças (OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA; MEISSNER, 2022).

É comum encontrar variedades do grupo Solo em diferentes regiões, principalmente as cultivares Golden e Improved Sunrise Solo Line cv. 72/12, representantes do grupo e são conhecidos comercialmente como mamão papaia e mamão havaí. As plantas deste grupo produzem frutos de tamanho pequeno (350 a 600 g), de casca lisa, polpa vermelha alaranjada preferido pelos consumidores e destinados para exportação devido a sua resistência ao transporte e ao armazenamento. A sua produção média é estimada em 40 t ha ano<sup>-1</sup>(EMBRAPA, 2013; REIS et al., 2015). Os genótipos deste grupo são formados basicamente por cultivares (linhagens puras) (Dantas et al., 2011).

Já os genótipos do grupo Formosa, são híbridos comerciais representados pelas cultivares UENF/Caliman 01 e Tainung 01 de tamanho grande importado de Kaohsiung (Taiwan) por US\$3.500-4.000/kg da semente. São caracterizados por apresentarem frutos maiores (900 a 1100 g), maior produção média em torno de 60 t ha ano<sup>-1</sup>, casca de coloração verde clara e polpa laranja avermelhada, predominante no mercado brasileiro e internacional, principalmente na Europa, Canadá e Estados Unidos (MARIN et al., 2006; DANTA; OLIVEIRA, 2009; OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011). Atualmente, o Banco Ativo de Germoplasma de Mamão (BAG-Mamão) da Embrapa Mandioca e Fruticultura conta mais de 254 acessos, ou seja, uma alta variabilidade genética da espécie *C. papaya* L. em exploração para desenvolvimento das linhagens e híbridos. Por isso, algumas estratégias de melhoramento foram utilizadas, tais como a formação de populações base e a autofecundação de acessos segregantes com características de interesse agrônomo para o processo de seleção, uma vez que não gera perda expressiva no vigor das plantas (DANTAS; LIMA, 2001; LEDO et al., 2018). Sendo que, a autopolinização promove a fixação dos genótipos segregantes que são caracterizados e integrados ao banco de linhagens para estudos posteriores sobre sua capacidade de combinação com outras linhagens.

### 3. REFERÊNCIAS

ABATO-ZÁRATE, M.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A.; OTERO-COLINA, G.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; REYES-PÉREZ, N. Dinâmica populacional de ácaros das famílias Tetranychidae e Phytoseiidae associadas à *Carica papaya* L., 1753. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 34, p. 29-38, 2018.

ANA- Agência Nacional de Águas. **Estimativas de evapotranspiração real por sensoriamento remoto no Brasil**. Brasília, DF, Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br>. Acesso em: 14 de junho de 2022.

ANTOLÍN M. C.; AYARI M.; SANCHEZ-DIAZ M. Effects of rootzone drying on yield, ripening and berry ABA in potted tempranillo grapevines with split roots. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 12, p. 13–20, 2006.

**ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, p.53, 2019. Disponível em: [https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti\\_2019\\_DUPLA.pdf](https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf). Acesso em: 19 de julho de 2021.

ARUMUGANATHAN, K.; EARLE, E. D. Nuclear DNA content of some important plant species. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 9, p. 208-218, 1991.

BADILLO, V. M. Nota corretiva *Vasconcellea* St. Hill, y no *Vasconcella* (Caricaceae). **Ernstia**, v. 11, p. 75-76, 2001.

BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (Caricaceae) con la rehabilitacion de este último. **Ernstia**, v. 10, n. 2, p. 74-79, 2000.

BADILLO, V. M. Caricaceae: segundo esquema. **Revista Alcance**, v. 43, p. 111, 1993.

BARROSO, P. T. W.; CARVALHO, P. P.; ROCHA, T. B.; PESSOA, F. L. P.; AZEVEDO, D. A.; MENDES, M. F. Evaluation of the composition of *Carica papaya* L. seed oil extracted with supercritical CO<sub>2</sub>. **Biotechnology Reports**, v. 11, p. 110-116, 2016.

BATHIANY, S.; DAKOS, V.; SCHEFFER, M.; LENTON, T. M. Os modelos climáticos preveem o aumento da variabilidade da temperatura nos países pobres. **Science Advances**. v. 4, n. 5, p. eaar5809, 2018.

BUCKLEY, T. N. Como os estômatos respondem ao estado da água? **New Phytologist**, v. 224, n. 1, p. 21-36, 2019.

BREWER, S.; PLOTTO, A.; BAI, J.; CRANE, J.; CHAMBERS, A. Avaliação de 21 acessos de mamão (*Carica papaya* L.) no sul da Flórida quanto à qualidade do fruto, aroma, altura da planta e componentes de produção. **Scientia Horticulturae**, v. 288, p. 110387. 2021.

CAMPOSTRINI, E.; SCHAFFER, B.; RAMALHO, J. D. C.; GONZÁLEZ, J. C.; RODRIGUES, W. P.; SILVA, W. P.; LIMA, R. S. N. Fatores ambientais que controlam a assimilação de carbono, crescimento e produtividade do mamoeiro (*Carica papaya*

L.) em cenários de escassez hídrica. **In: escassez hídrica e agricultura sustentável no semiárido**. Imprensa Acadêmica, p. 481-505, 2018.

CAMPOSTRINI, E.; LIMA, R. **O uso efetivo da água em mamoeiro: aspectos fisiológicos e produtividade**. VI Simpósio Do Papaya Brasileiro, Vitória - ES, 2015. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/283934468\\_O\\_uso\\_efetivo\\_da\\_agua\\_em\\_mamoeiro\\_aspectos\\_fisiologicos\\_e\\_produtividade/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/283934468_O_uso_efetivo_da_agua_em_mamoeiro_aspectos_fisiologicos_e_produtividade/citation/download). Acesso 22 de março de 2023.

CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D. M.; YAMANISHI, O. K. Papaya: ecophysiology of growth and production. **In: Ecophysiology of tropical tree crops**. Damatta, F. New Science Publishers, NY, p. 287-307, 2010.

CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D.M. Ecofisiologia do mamão: Uma revisão. **Brazilien Jounal Plant Physiol**, v. 19, p. 413-424, 2007.

CARVALHO, E. DE M.L.; REIS, R.C.; BORGES, V.P.; LEDO, C.A. DA S.; ARAÚJO, E. DA S.; DANTAS, J.L.L. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n.1, p. 121-130, 2020.

CARVALHO, F. A., RENNER, S. S. The Phylogeny of the Caricaceae. **In: Ming, R., Moore, P. (eds) Genetics and Genomics of Papaya**. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models, v. 10. Springer, New York, NY. 2014.

CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F. W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A. M.; FRANCIA, E.; MARÉ, C.; TONDELLI, A.; STANCA, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**. v. 105. p. 1-14. 2008.

COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.de; ALMEIDA, C O.; ALBUQUERQUE, A. F. A. de SILVA, O. S. M. da. **Impacto do Aquecimento Global na Aptidão do Estado da Bahia Para o Cultivo do Mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 52, 2011.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Desenvolvimento e produção do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de micro irrigação. **Irriga. Botucatu-SP**. v. 12, p. 519-531, 2007.

COELHO, E. F.; SANCHES, M. F.; DANTAS, J. L. L. Irrigação e Fertirrigação. O cultivo do mamão. **In: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/642741>**. Cruz das Almas: EMBRAPA - CNPMF, p.105,1999.

COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N.; SANTOS, F. A. M.; BARRETO, F. C., ZUFFO, V. J. Plantio, formação e manejo da cultura. **In: A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Costa, A. F. S., Martins, D. dos Santos (Ed.). Vitória: Incaper part 6, p.127 -159, 2003.

COTRUT, R., BUTCARU, A., MIHAI C.; STĂNICĂ F. *Carica papaya* L. cultivated in greenhouse conditions. **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 130- 136, 2017.

CUNNINGHAM, B.; NELSON, S. Powdery Mildew of Mamão em Hawai'i. **Plant Disease**, v. 90, p. 1-4, 2012.

CHAN, Y. K.; PAULL, R. E.; In: **Papaya *Carica papaya*, L., Caricaceae** Janick, J., Paull, R.E. (Eds.), The Encyclopedia of Fruits and Nuts. CABI Publishing, Wallingford, England, p. 237-247. 2008.

CHÁVEZ-PESQUEIRA, M.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: a review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 5, p. 155, 2017.

CRANE, J. H. **Papaya Growing in the Florida Home Landscape**; Instituto de Ciências Alimentares e Agrícolas da Universidade da Flórida: Gainesville, FL, EUA, 2005. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/MG054>.

DAMASCENO, P. C.; SANTANA, T. N.; GONZAGA, M. Estimativa de parâmetros genéticos para anomalias florais no mamão. *Crop Breed. Appl. Biotechnology*. V. 18, p. 9-15, 2018.

DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. Melhoramento Genético do Mamoeiro: Avanços, Desafios e Perspectivas. In: **Vidal Neto, F. das C.; Cavalcanti, J. J. V. (ed)**. Melhoramento Genético de Plantas no Nordeste. Brasília, DF: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 175-208, 2013.

DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J.; PEREIRA, M. G.; CATTANEO, L. F. Melhoramento genético do mamoeiro no Brasil. In: **SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO**, v. 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade: Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.

DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. O Melhoramento Genético do Mamoeiro: Avanços, Desafios e Perspectivas. In: **I SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS**, 2009, Fortaleza-CE. O melhoramento genético no contexto atual. Fortaleza-CE: Embrapa Agroindústria Tropical, v.1 p. 151-180, 2009.

DAVIES, W.J; KUDOYAROVA, G.; HARTUNG, W. Long-distance ABA Signaling and Its Relation to Other Signaling Pathways in the Detection of Soil Drying and the Mediation of the Plants Response to Drought. **Journal Plant Growth Regulation**. v. 24, p. 285–295, 2005.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. **Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v. 42, p.55-76, 1991.

DIAS, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; BORGES, E. E. L.; DIAS, L. A. S. Qualidade e compostos fenólicos em sementes de mamão alteradas pela colheita e maturação dos frutos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 737-743, 2015.

DIFFENBAUGH, NOAH S.; BURKE, MARSHALL. O aquecimento global aumentou a desigualdade econômica global. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 116, n. 20, p. 9808-9813, 2019.

DINESH, M. R.; REDDY, B. M. C. Base Fisiológica de Crescimento e Características de Rendimento de Frutas Tropicais e Subtropicais até a Temperatura. Em *Espécies*

de Árvores Frutíferas Trpicais e Mudanças Climáticas; Sthapit, S.R., Scherr, S.J., Ed. **Bioversity International**: Roma, Itália. v. 1, p. 45-70, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021**. 1a ed. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Mamão. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura: Mamão, 2018**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-efruticultura/cultivos/mamao>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.

EVANS, E. A.; BALLEEN, F. H.; CRANE, J. H. **An Overview of Global Papaya Production, Trade and Consumption**. Electronic Data Information Source (EDIS) FE981. University of Florida, Gainesville, FL. 2012.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C., KERSTEN, E., FONTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2.ed. Pelotas: UFPel, p. 179, 1995.

FAO. (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) Banco de dados estatísticos **FAOSTAT FAO**, Roma, Itália, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Acessado em 18 de abril de 2022

**FAO**. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA). 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 14 de julho de 2021.

FAO. **Major Tropical Fruits**—Preliminary Market Results 2019. 2020.

FAOSTAT- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022). **Crops: 2019**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>.

FERREGUETTI, G. A. CALIMAN 01- O primeiro híbrido de mamão Formosa Brasileiro. In: Martins, D. S. (eds). Papaya Brasil: qualidade do mamão para mercado interno. Vitoria, ES: **Revista Incaper**, p. 211-218, 2003.

FERREIRA, J. P.; SCHMILDT, E. R.; SCHMILDT, O.; CATTANEO, L. F.; ALEXANDRE, R. S.; CRUZ, C. D. Comparison of methods for classification of the coefficient of variation in papaya. **Revista Ceres**, v.63, p.138-144, 2016.

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CARVALHO JR., A.C.; COSTA, A.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M.P.; COELHO, M. A. N.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. (ed.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 871, 2010.



FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J.M. Papaya (*Carica papaya* L.): Origin, Domestication, and Production. In: **Ming, R., Moore, P.** (eds) Genetics and Genomics of Papaya. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models. 2014.

GALEANO, E. A. V.; MARTINS, D. S.; BARROS, F. L. S.; VENTURA, J. A.; QUEIROZ, R. B. **Cadeia produtiva do mamão no Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, p. 172, 2022.

GONÇALVES, L.P., ALVES, T.F.O, MARTINS, C.P.S. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos induzidos por porta-enxertos de tolerância à seca em laranja doce. **Acta Physiology Plantarum**, v.38, p.174, 2016.

GOODWIN, I.; JERIE, P.H. Regulated deficit irrigation: from concept to practice. **The Australian and New Zealand Wine Industry Journal** v.5, p.131-133, 1992.

GU, S.L.; DAVID, Z. SIMON, G.; GREG, J. **Effect of partial rootzone drying on vine water relations, vegetative growth, mineral nutrition, yield, and fruit quality in field-grown mature sauvignon blanc grapevines**. Research Notes. Fresno: California Agricultural Technology Institute, California State University. p.702, 2000.

HEYWOOD, V.H. **Flowering plants of the world**. Croon. Helm, London. 1985.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal – PAM**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em 13 jun. 2022.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. 2020. Disponível em: [http://www.cnpmf.embrapa.br/Base\\_de\\_Dados/index\\_pdf/dados/brasil/mamao/b1\\_mamao](http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mamao/b1_mamao). Acesso em 15 nov. 2021.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA**, 2017.

IRRIGAÇÃO, A.A. **Uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas—ANA: Brasília, DF, Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br>. Acesso em 14 de jun. 2022.

ITIS- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION. **Caricaceae of North America Update, database** (version 2011). 2011. Updated for ITIS by the Flora of North America Expertise Network, in connection with an update for USDA PLANTS (2007-2010) ITIS Report. Disponível em: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/RefRpt?search\\_type=source&search\\_id=source\\_id&search\\_id\\_value=857](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/RefRpt?search_type=source&search_id=source_id&search_id_value=857). Acesso em 9 jun. 2022.

JOVANOVIĆ, Z.; STICKIĆ, R. Técnica de secagem parcial da zona radicular: da economia de água à melhoria da qualidade do fruto. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 1, p. 3, 2018.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGUE, M.J. Sistemática vegetal: um enfoque filogenético. Porto Alegre: **Artmed**, 3 ed, p.632, 2009.

KANG S. Z., HU, X.T., GOODWIN I., JERIE, P. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. **Scientia Horticulturae**, v.92, p.277-291, 2002.

KANG, S.Z.; ZHANG, J.H. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.2437-2446, 2004.

LIMA, L.L.C.; SILVA, D.J.; SILVA, L.E.B.; BARROS, R. P. Índice de germinação de sementes de duas variedades de mamão (*Carica papaya* L.) em substrato Bioplant®. **Diversitas Journal**, v.3, n.1, p.45-50, 2018.

LIMA, J.F.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas. **Instituto Plantarum**, São Paulo, 2006, 640p.

LUNA, J.V.U. Variedades de mamoeiros. **Informe Agropecuário**, v.13, n.134, p.14-18, 1986.

MANJUNATH, B.L.; LAXMAN, R.H.; UPRETI, K.K.; RAGHUPATHI, H.B. Irrigação de secagem parcial da zona radicular em mamão (*Carica papaya* L.) para aumentar a eficiência do uso da água em situações de água limitada. **Journal of Horticultural Sciences**, v.12, n.2, p.143-149, 2017.

MARENGO, J.A.; BERNASCONI, M. Diferenças regionais nas condições de aridez/seca no Nordeste do Brasil: estado atual e projeções futuras. **Mudança Climática**, v.129, n.1, p.103-115, 2015.

MARENGO, J.A.; TORRES, R.R.; ALVES, L.M. Seca no Nordeste do Brasil-passado, presente e futuro. **Teoria e Climatologia Aplicada**, v.129, p.1189-1200, 2017.

MARIN, S.L.D.; GOMES, J.A.; SALGADO, J.S.; MARTINS, D.S.; FULLIN, E.A. Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa. 4ª ed. In: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/> Cariacica: EMCAPA, p. 57, 1995 (Circular Técnica, 3).

MARTINS, D.S.; COSTA, A.F. A cultura do mamoeiro. Tecnologia de Produção. in: Vitória: INCAPER, 2003, 497p.

MEDINA, J.C.; BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M.; MARTIN, Z.J.; NISIDA, A.L.A. C.; BALDINI, V.L.S.; LEITE, R.S. S.F.; GARCIA, A.E.B. **Mamão: prima, processamento e matérias-primas, cultura**. Itália, 1989.

MING, R.; Y.U., Q., MOORE, P.H. Sex Determination in *Papaya*. **Seminars In: Cell e Developmental Biology**, v.18, p.401-408, 2007.

MODA, L.; MENDES, A.R.; CAMARGO, I. O que mudou no consumo brasileiro de frutas e hortaliças nos últimos anos? renda, conveniência e pandemia alteram os hábitos no Brasil. **Brasil Hortifruti**, v.20, n.209, p.10-17, 2021.

NAKASONE, H.Y.; PAULL, R.E. Papaya. In: **Frutas Tropicais**, Ciência da Produção Agrícola em Horticultura; CAB International: Wallingford, Reino Unido, p. 239-269, 1998. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/284426531\\_Papaya](https://www.researchgate.net/publication/284426531_Papaya). Acesso em 10 jun. 2022.

OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.E. **Mamoeiro do grupo solo: cultivo, colheita, pós-colheita e comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1143935>.

OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.E. **A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa. Documentos 228, 2021. 426p.

OLIVEIRA, G.A.F. **Seleção de descritores morfoagronômicos, diversidade genética e estabelecimento de coleção nuclear em mamoeiro**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. 2019. – Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Disponível em: [https://www.ufrb.edu.br/pgcienciasagrarias/images/TESE\\_PPGAGRA\\_-\\_GILMARA\\_ALVARENGA\\_FACHARDO\\_OLIVEIRA.pdf](https://www.ufrb.edu.br/pgcienciasagrarias/images/TESE_PPGAGRA_-_GILMARA_ALVARENGA_FACHARDO_OLIVEIRA.pdf). Acesso em 06 jun. 2023.

OLIVEIRA J.G.; VITÓRIA A.P. Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. **Food Research International**, v.44, p.1306-1313, 2011.

OLIVEIRA, A.M.G.; FARIAS, A.R.N.; SANTOS FILHO, H.P.; OLIVEIRA, J.R.P.; DANTAS, J.L.L.; SANTOS, L.B.; OLIVEIRA, M.A.; SOUZA JUNIOR, M.T.; SILVA, M.J.; ALMEIDA, O.A.; NICKEL, O.; MEDINA, V.M.; CORDEIRO, Z.J.M. **Mamão para a exportação: aspectos técnicos de produção**. Publicações técnicas Frupep 9. Brasília: EMBRAPA-SPI.1994. 52p.

PÁDUA, T.R.P. **Plano estratégico para a cultura do mamoeiro: 2017-2021.1** Mandioca e Fruticultura. Documentos, 228. 2019. 32p.

PEDROSO, F.K.J.V.; PRUDENTE, D.A.; BUENO, A.C.R.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R.V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock-dependent changes in root growth and carbohydrate availability. **Environmental and Experimental Botany**, v.101, p.26-35, 2014.

PRASETYA, A.T.; MURSITI, S.; MARYAN, S.; JATI, N.K. Isolation and identification of active compounds from papaya plants and activities as antimicrobial. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v.349, n.1, p.12007, 2018.

RAMALHO, A.R.; SOUZA, V.F.; SILVA, M.J.G.; JUNIOR VIEIRA, J.R.; CASSARO, J. D. Condicionantes agroclimáticas e riscos tecnológicos para cultura do mamoeiro em Rondônia. **Embrapa, Comunicado técnico**, 371, 2011.

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.3, p.210-217, 2015.

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; LIMA, L.F.; NEVES, T.T.; CONCEIÇÃO, E.A. Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão. **Ciência Rural (online)**, v.45, n.11, p.2076-2081, 2015.

RUAS, K.F.; BARONI, D.F.; SOUSA, G.A.R.; BERNADO, W.P.; PAIXÃO, J.S.; SANTOS, G.M.; FILHO, J.A.M.; ABREU, D. P.; SOUSA, E.F.; RAKOCEVIC, M.; RODRIGUES, W.P.; CAMPOSTRINI, E. A *Carica papaya* L. genotype with low leaf chlorophyll concentration copes successfully with soil water stress in the field. **Scientia Horticulturae**, v.293, p.110722, 2022.

SAATH, K.C.O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, n.2, p.195-212, 2018.

SANTOS, D.L.; COELHO, E.F.; OLIVEIRA, R.A.; FILGUEIRAS, R.; ALVES, M.S.; RODRIGUES, W.P.R.; CAMPOSTRINI, E.; SAMPAIO, A.H.R.; REIS, J.B.R.S.; CUNHA, F.F. Impacto dos regimes hídricos do solo e da secagem parcial da zona radicular em mamoeiro cultivado a campo em condições semiáridas. **Relatórios Científicos**, v.11, n.1, p.1-18, 2021.

SANTOS, D.L.; COELHO, E.F.; OLIVEIRA, R.A.; FILGUEIRAS, R.; ALVES, M.S.; RODRIGUES, W.P.R.; CAMPOSTRINI, E.; SAMPAIO, A.H.R.; REIS, J.B.R.S.; CUNHA, F.F. Secagem parcial da zona radicular em mamão cultivado em campo: trocas gasosas, rendimento e eficiência no uso da água. **Gestão Agrícola da Água**, v.243, p.106421, 2021.

SANTOS, J.P.M. **Crescimento do mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob diferentes lâminas de irrigação tratado com brassinosteroide**. Universidade Estadual da Paraíba. Catolé do Rocha, Paraíba, Brasil. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias). Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/12102>. Acesso em 25 jul. 2023.

SALINAS, I.; HUESO, J.J.; CUEVAS J. Controle Ativo do Clima de Estufa Melhora o Crescimento e Rendimento do Mamão a um custo acessível. **Agronomia**, v.11, n.2, p.378, 2021.

SANTANA, M.A. Panorama do cultivo de mamão no Brasil. **Revista Campo e Negócios**, 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-do-cultivo-de-mamao-no-brasil/>. Acesso em: 16 de julho de 2021.

SERAFINI, S.; SOARES, J.G.; PICOLI, F.; DINON, A.Z.; ROBAZZA, W.S.; PAULINO, A.T. Aspectos e peculiaridades da produção comercial de mamão (*Carica papaya* L.) no Brasil: estratégias para o futuro da cultura. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.10, n.2, p.e544101220551, 2021.

SOUZA, T.V.; COELHO, E.F.; PAZ, V.P.S.; LEDO, C.A.S. Avaliação Física e Química de Frutos de Mamoeiro Tainung Nº 1, Fertirrigado com Diferentes Combinações de Fontes Nitrogenadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.179-184, 2009.

SILVA, J.R.; RODRIGUES, W.P.; RUAS, K.F.; PAIXÃO, J.S.; LIMA, R.S.N.; MACHADO FILHO, J.A.; GARCIA, J.A.C.; SCHAFER, B.; GONZALEZ, J.C.; CAMPOSTRINI, E. Light, photosynthetic capacity and growth of papaya (*Carica papaya* L.): a short review. **Australian Journal of Crop Science**, p.480-485, 2019.

SILVA, M.C.; SOUSA, A.R.O.; CRUZ, E.S.; SCHLICHTING, A.F.; SOARES FILHO, W.S.S.; GESTEIRA, A.S.; COELHO FILHO, M.A.; COSTA, M.G.C. Phenotyping of new hybrid citrus rootstocks under water deficit reveals conserved and novel physiological attributes of drought tolerance. **Environmental and experimental botany**, v.162, p.406-420, 2019.

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G; CAMPOS, W.F.; DAMASCENO JUNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.S.; SOUZA FILHO, G.A.; RAMOS, H.C.C.; VIANA, A.P.; FERREGUETTI, G.A. DNA marker-assisted sex conversion in elite papaya genotype (*Carica papaya* L.). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, p. 52- 58, 2007.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Summary for policymakers. In: SHUKLA, P.R; et al. (eds.) **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. Cambridge University Press, 2019. 41p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>. Acesso em 21 jun. 2022.

TRIDGE. **Papaia: 2019-2020.** 2021. Disponível em: <https://www.tridge.com/intelligences/papaya>. Acesso em 16 de jul. 2023.

TRINDADE, A.V. **Mamão Produção: Aspectos Técnicos**. 1º ed. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2000.77p.

VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOETGHEBEUR, P.; ROMEIJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v.105, p.289-297, 2002.

VIVAS, M.; DA SILVEIRA, S.F.; VIVAS, J.M.S.; SANTOS, P.H.D.; CARVALHO, B.M.; DAHER, R.F.; PEREIRA, M. G. Phenotypic characterization of papaya genotypes to determine powdery mildew resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, n.3, p.198-205, 2017.

## Capítulo 1

**Efeito do Déficit Hídrico Sobre a Biomassa em Plântulas de  
Genótipos de Mamoeiro (*Carica papaya* L.)**

## **Efeito do Déficit Hídrico Sobre a Biomassa em Plântulas de Genótipos de Mamoeiro (*Carica papaya* L.)**

**Resumo:** A fruticultura está em constante exploração e evolução, seja no cenário Brasileiro ou Mundial. Dentre as fruteiras, destaca-se o mamoeiro que é amplamente produzido e consumido na região Nordeste, com destaque para o estado da Bahia, um dos polos de maior produção desta fruta. A baixa oferta de água e de boa qualidade tem sido um entrave na agricultura desta região, sendo necessária a adoção de manejos de irrigação e/ou de material genético que possa assegurar a produção desta cultura mesmo em condições de déficit hídrico. Logo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar diferentes genótipos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura na perspectiva de caracterizá-los quanto à tolerância ao déficit hídrico. Um experimento em esquema fatorial 2 x 9 foi conduzido em casa de vegetação a fim de comparar o crescimento inicial das plantas. O primeiro fator foi referente a oferta de água (irrigado e não irrigado), enquanto o segundo foi constituído por nove genótipos de mamoeiro. Avaliou-se a altura das plantas, número de folhas, diâmetro de caule, comprimento total de raiz, massas secas da parte aérea, das raízes e total, além do índice de qualidade de Dickson. Os resultados mostraram efeito significativo para a interação dos fatores as seguintes variáveis: altura de plantas, massa seca de raiz, massa seca total e índice de qualidade de Dickson. Enquanto que as demais variáveis o efeito significativo ocorreu de maneira isolada entre os fatores avaliados. O genótipo CMF234 pertencente ao grupo Solo tem o desempenho agrônomo mais afetado negativamente quando cultivado sob déficit hídrico; Foi possível identificar 5 genótipos: L47P5 (Formosa), CMF250 (Solo), L1006 (Formosa), Tainung (Formosa) e L47P8 (Solo) com respostas promissoras para a tolerância ao déficit hídrico de 16 dias, por terem demonstrado insensibilidade na maior parte dos caracteres avaliados e darão continuidade ao processo de avaliação estabelecido dentro do programa de melhoramento.

**Palavras-chave:** melhoramento genético, tolerância, índice de Dickson.



## Effect of Water Deficit on Biomass in Seedlings of papaya (*Carica papaya* L.)

**Abstract:** Fruit farming is in constant exploration and evolution, whether in the Brazilian or World scenario. Among the fruit trees, the papaya tree stands out, which is widely produced and consumed. The Northeast region, with emphasis on the state of Bahia, one of the largest production centers of this fruit. However, the low supply of good quality water has been an obstacle in agriculture in this region, requiring the adoption of irrigation management and/or genetic material that can ensure the production of this crop even in conditions of water deficit. Therefore, the objective of the present work was to evaluate different genotypes of papaya trees from the Active Germplasm Bank in order to characterize them in terms of tolerance to water deficit. In order to identify these genotypes, an experiment in a 2x9 factorial scheme was carried out in a greenhouse in order to compare the initial growth of the plants. The first factor was related to water supply (irrigated and non-irrigated), while the second was constituted by nine papaya genotypes. Plant height, number of leaves, stem diameter, total root length, shoot and root dry mass and, in total, the Dickson quality index were evaluated. The results expected significant effect for the interaction of factors such as the following variables: plant height, root dry mass, total dry mass and Dickson's quality index. While for the other variables, the significant effect occurred in isolation among the factors evaluated. The genotype CMF234 belonging to the Solo group has the most negatively affected agronomic performance when cultivated under water deficit; It was possible to identify 5 genotypes: L47P5 (Formosa), CMF250 (Solo), L1006 (Formosa), Tainung (Formosa) and L47P8 (Solo) with promising responses for water deficit tolerance of 16 days, as they have shown insensitivity in most of the characters evaluated and will continue the evaluation process established within the breeding program.

**Key words:** genetic improvement, tolerance, Dickson index

## 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura Brasileira é um segmento agrícola que está em constante exploração e expansão, porém, a produção agrícola deve ser realizada de modo que a sustentabilidade esteja assegurada em todo o processo da produção, visto que a demanda por alimentos é crescente, por isso, há necessidade de realizar práticas e manejos agrícolas priorizando a conservação e preservação dos recursos naturais (CHAVES; ZARROUK, 2013).

Segundo Sá et al. (2013) para que o mamoeiro apresente um melhor desenvolvimento agrônômico é necessário adotar estratégias de manejo a partir do uso de cultivares mais tolerantes às condições adversas. Em virtude do processo de domesticação algumas espécies podem perder de forma gradativa a capacidade de sobreviverem sem a intervenção humana (SILVA et al., 2022). Por outro lado, seus parentes silvestres são capazes de sobreviver a longas estações com poucas chuvas e altas temperaturas (FUENTES; SANTAMARÍA, 2014).

Segundo Costa (2016), o melhoramento genético da cultura do mamoeiro é fundamental para a obtenção de novos materiais adaptados às condições edafoclimáticas das regiões produtoras e assim aumentar o número de cultivares disponíveis para o cultivo. Dessa forma a base genética da cultura é ampliada com variedades que apresentem as características agrônômicas desejáveis e principalmente tolerantes às diversas condições abióticas.

De acordo com Campostrini et al. (2018), consideram que é necessário que sejam expandidas as bases de estudos científicos com o objetivo de adaptar o desenvolvimento agrícola às condições ambientais adversas. Apenas dessa forma é possível compreender as respostas fisiológicas, bioquímicas e traçar estratégias de manejo de forma a melhorar a eficiência e uso dos recursos naturais (CHAVES et al., 2009).

Para Cattivelli et al. (2008) a seca (déficit hídrico) é o estresse abiótico que mais interfere na agricultura, e, muitos estudos estão sendo realizados para que a produtividade das culturas não seja comprometida em situações em que a água é um fator limitante. As plantas quando estão sob condições de estresse respondem através de alterações metabólicas e morfológicas que comprometam a sua capacidade de desenvolvimento, ou seja, sob o déficit de água no solo, ocorre o

fechamento dos estômatos nas plantas, isso ocasiona a redução no tamanho das folhas, no desenvolvimento do caule e proliferação das raízes (YAÑEZ et al., 2016).

Estudar a resposta da cultura do mamoeiro às condições de estresse hídrico é de grande importância, muito embora pesquisas sobre o tema sejam escassas. Logo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e caracterizar diferentes acessos que compõem o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura, com o objetivo de caracterizar nove genótipos de mamoeiro submetidos ao déficit hídrico e definir possíveis indivíduos tolerantes, para que posteriormente os resultados obtidos possam subsidiar a recomendação de materiais genéticos aos produtores com características morfoagronômicas desejáveis para a cultura.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Localização e condução do experimento**

A pesquisa foi realizada entre os meses de março a junho de 2019. O experimento foi conduzido em condições de viveiro telado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada na cidade de Cruz das Almas-BA, (Latitude: 12°40'39"S, Longitude; 39°06'23"W, Altitude; 225m). A região apresenta precipitação média anual de 1138,9 mm, temperatura média diária de 23,9°C e umidade relativa do ar (UR) de 81% (GUIMARÃES et al., 2016).

### **2.2. Delineamento experimental e tratamentos**

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 9 (nove genótipos em duas condições de manejo de irrigação), correspondendo a 18 tratamentos divididos em cinco blocos, sendo uma planta para cada parcela experimental. Os genótipos avaliados estão dispostos na (Tabela 1). As duas condições de manejo de irrigação foram: irrigado e não irrigado. A avaliação foi realizada no final do experimento aos 88 Dias Após a Semeadura, correspondente a 16 dias de aplicação dos tratamentos.

**Tabela 1.** Código de acessos de mamoeiro avaliados em condições de déficit hídrico e seu respectivo grupo heterótico.

<b>Genótipos</b>	<b>Grupo Heterótico</b>
G1 - L47P8	Solo
G2 - CMF 150	Solo
G3 – Tainung	Formosa
G4 – CMF 248	Solo
G5 – CMF 250	Solo
G6 – CMF 011	Formosa
G7 – CMF 234	Solo
G8 – L1006	Formosa
G9 – L47P5	Formosa

### **2.3. Formação e produção das mudas**

A semeadura procedeu-se no dia 15 de março de 2019 utilizando sacos plásticos contendo substrato comercial Vivatto®. Sua composição é a base de casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica, (TÉCNICAS AGRÍCOLA, 2018). Foram depositadas três sementes por saco plástico e esses foram irrigados manualmente com auxílio do regador e utilizando água de abastecimento do município. Aos 17 dias após a semeadura (DAS) houve total emergência das plântulas e o desbaste das mudas foi realizado aos 41 DAS com o objetivo de deixar apenas uma planta por saco plástico.

### **2.4. Condução do experimento**

#### **2.4.1. Transplântio das mudas**

Aos 52 DAS as mudas foram transplantadas para uma estrutura de PVC contendo como substrato areia previamente lavada, seca à sombra e esterilizada. As plantas passaram por um período de 20 dias de aclimação ao novo substrato.

Nesse período foram realizadas irrigações com solução nutritiva, obtida a partir da diluição do fertilizante FORTH SOLÚVEIS® (Nitrogênio 19%; Fósforo 19%; Cloreto de potássio 19%; Boro 0,02%; Magnésio 0,6%) em água, seguindo as recomendações do próprio fabricante: (1 kg do fertilizante para 1000 L de água). A condutividade elétrica e o pH da solução foram monitoradas e controladas (dados não-mostrados), conforme as especificações do produto (FORTH SOLÚVEIS, 2019).

#### 2.4.2. Irrigação

Após esta fase, dois tratamentos foram aplicados, um tratamento com irrigação (T1) ao qual água aplicada mantendo umidade constante no solo, e o segundo tratamento (T2) não continha água aplicada, ou seja, as plantas foram submetidas a 16 dias da supressão hídrica.

O manejo de irrigação foi realizado seguindo o método de balanço hídrico, o volume de água (ml) a ser repostado por vaso foi calculado individualmente de acordo com o consumo hídrico de cada planta/unidade experimental, com um turno de rega de três dias. As irrigações foram realizadas no período da manhã, entre os horários de 7:30 às 8:30 a partir da adaptação da equação utilizada por MOURA, 2019 e SOUZA et al. 2019.

$$VI = (VA - VD) / 0,85 \text{ (ml)} \quad \text{Eq. 01}$$

Onde: VI – volume da água a ser aplicado na irrigação em ml; VA - volume de água aplicado na irrigação anterior em ml; e VD volume drenado em ml. O “0,85”, é o fator para que se obtenha a fração de lixiviação de 0,15.

O controle da drenagem foi realizado seguindo a metodologia proposta por Moura (2019). Inicialmente, as plantas foram irrigadas a cada 2 dias com um volume de água conhecido suficiente para saturar o substrato, depois de cada irrigação foi coletado e medido o volume drenado em cada vaso da planta, a partir de um recipiente coletor acoplado à base de cada vaso (Figura 1). A diferença entre a quantidade de água aplicada e o volume drenado representou a

quantidade de água armazenada pelo substrato, ou seja, o volume necessário para colocar a umidade do substrato na capacidade de campo.

As irrigações foram efetuadas com solução nutritiva, com a mesma concentração e produto utilizado no período da aclimação, conforme descrito anteriormente. As estruturas de PVC em que as plantas foram cultivadas estavam cobertas com folhas de papel alumínio para garantir que a perda de água ocorresse apenas por transpiração e drenagem. Com isso, as plantas foram submetidas ao déficit hídrico moderado, ou seja, os teores de umidade do substrato encontram-se entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente nos tratamentos estudados durante o período experimental.

**Figura 1:** Plantas dispostas em bancada com vasos acoplados na base para controle da drenagem.



Autor: Noémio Luís Fernandes

## 2.5. Variáveis avaliadas

### 2.5.1. Crescimento da parte aérea

O crescimento das plantas ao longo do tempo de condução do experimento foi determinado no final, correspondente aos 16 dias após o início da aplicação dos tratamentos (88 DAS).

Para essa avaliação determinou-se as seguintes variáveis: altura das plantas (AP), determinada com o auxílio de fita métrica do colo da planta até a gema apical; o diâmetro do caule (DC) determinado a uma altura de 0,30 m do colo da planta, por meio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo IP 67 e o número de folhas (NF) por meio da contagem manual.

### 2.5.2. Análise destrutiva ao final do experimento

No final do experimento, a parte aérea das plantas (folhas, pecíolo e caule) foi separada do sistema radicular. Com o auxílio de uma peneira foi separado manualmente o sistema radicular das plantas do substrato. Em seguida, as raízes foram lavadas e determinou-se o comprimento máximo (cm) com o auxílio de uma fita métrica.

Em seguida, as amostras foram embaladas e identificadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, tempo necessário para que o peso das amostras ficasse constante. Após a secagem completa das amostras, utilizou-se a balança analítica para determinar a massa seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST).

Posteriormente as amostras foram acondicionadas em álcool a 20% e conservadas em refrigeradores (+5 °C). As raízes foram digitalizadas utilizando-se um scanner Epson expression modelo 11000 XL (Seiko Epson Corporation, Tóquio, Japão) e processadas a partir do software WinRHIZO (Regent Instruments Inc., Québec, Canadá).

### 2.5.3. Índice de qualidade de Dickson

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (AP), do diâmetro do colo (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{PMST (g)}{\frac{AP (cm)}{DC (mm)} + \frac{PMSPA (g)}{PMSR (g)}}$$

Eq. 02

Em que: IQD - índice de qualidade de Dickson; PMST – massa seca total; AP – altura de planta; DC – diâmetro de caule; MSPA – massa seca da parte aérea; PMSR – massa seca da raiz.

#### **2.5.4. Análises estatísticas**

Para os dados obtidos foram realizados o teste F da análise de variância e quando significativos ( $p < 0,05$ ) aplicou-se o teste de agrupamento de médias de Scott Knott a 0,05 de probabilidade, utilizando o software estatístico R (R Development Core Team, 2016).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme apresentado na Tabela 2, houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) para os dois fatores avaliados (genótipos x condições de irrigação) para as seguintes variáveis: altura de plantas, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e índice de qualidade de Dickson. Enquanto que para as demais variáveis o efeito significativo ocorreu de maneira isolada entre os fatores em estudo.

Os valores médios dos coeficientes de variação (CVs) variaram de 16,75% a 44,36%, respectivamente para as variáveis DC e MSR (Tabela 2). Os elevados CVs verificados em algumas características podem ser explicados pelo aumento do erro experimental. Sob estresse de seca, a média normalmente é baixa, os efeitos de outras variáveis se avolumam, há dificuldade em separar o estresse de seca de outros estresses que acompanham a deficiência hídrica (FERRÃO et al., 2016).

Foi possível observar o estresse nas plantas durante o tempo de exposição ao déficit hídrico. Os resultados encontrados neste trabalho indicam que todos os genótipos foram influenciados pelo estresse hídrico, porém, apesar da diminuição da biomassa foram identificados genótipos que mostraram uma resposta positiva à restrição hídrica, apresentando maior tolerância.

Os estudos em espécies do gênero *Carica* têm indicado afeções no crescimento de plantas durante a fase de crescimento vegetativo em condições



de déficit hídrico, tendo conseqüentemente, a diminuição na produtividade (Posse et al. 2009). O impacto da supressão da irrigação durante o estágio avaliado provocou uma redução de até 6.2% no crescimento das plantas em comparação com o controle em condições que o experimento foi realizado.

**Tabela 2:** Resultado da análise de variância (ANAVA), para as variáveis, altura das plantas (ALT), diâmetro do caule (DC), número das folhas (NF), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD).

FV	GL	QM						
		ALT	DC	NF	MSPA	MSR	MST	IQD
Bloco	4	71,52 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Genótipos	8	469,19 <sup>**</sup>	13,64 <sup>**</sup>	5,47 <sup>ns</sup>	6,47 <sup>**</sup>	0,30 <sup>*</sup>	8,08 <sup>*</sup>	0,07 <sup>*</sup>
Tratamentos	1	146,18 <sup>ns</sup>	39,66 <sup>**</sup>	547,60 <sup>**</sup>	29,88 <sup>**</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	33,09 <sup>**</sup>	0,24 <sup>*</sup>
Genótipos x Tratamentos	8	128,72 <sup>*</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>*</sup>	0,27 <sup>*</sup>	2,03 <sup>*</sup>	0,04 <sup>*</sup>
Resíduo	68	45,37	1720	3,72	1,24	0,12	1,51	0,02
Total	89							
CV		17,07%	16,75%	29,81%	39,21%	44,36%	33,88%	39,35%

ns-não significativo; \*\*significativo a 0,01 de probabilidade; \*significativo a 0,05 de probabilidade. FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, QM=quadrado médio.

Para a altura das plantas (Tabela 3), verifica-se que a interação foi significativa entre os fatores em estudo (genótipos x condições de irrigação). Na condição irrigada, os genótipos CMF150; CMF248; CMF011; e CMF234 foram os que apresentaram os menores valores médios de altura das plantas e diferiram significativamente dos demais. Alguns autores consideram a altura de planta como uma característica agrônômica importante no melhoramento genético de mamão, sendo desejáveis plantas de baixo porte, que apresentam precocidade, pois facilitam a colheita e as práticas culturais. (LUCENA, 2013; NOBRE et al., 2021).

**Tabela 3:** Altura das plantas (cm) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à 16 dias de suspensão hídrica na fase inicial de crescimento.

Genótipos (Grupo)	Tratamentos	
	Controle	Déficit hídrico
L47P8 (Solo)	42,40 Aa	38,00 Aa
CMF 150 (Solo)	27,20 Ba	26,54 Ba
Tainung (Formosa)	50,80 Aa	44,98 Aa
CMF 248 (Solo)	35,04 Ba	42,30 Aa
CMF 250 (Solo)	51,30 Aa	40,94 Ab
CMF 011 (Formosa)	34,06 Bb	43,16 Aa
CMF 234 (Solo)	36,20 Ba	23,80 Bb
L1006 (Formosa)	45,70 Aa	41,44 Aa
L47P5 (Formosa)	44,00 Aa	42,60 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Os genótipos CMF150, CMF248 e CMF234 pertencentes ao grupo Solo principalmente por apresentarem menores alturas de plantas que consequentemente promoverá menor altura de inserção dos primeiros frutos, maior número de frutos comerciais e produtividade superior (DANTAS; LUCENA; VILAS BÔAS, 2015).

Para todos os genótipos, com exceção do CMF248 e CMF011, o cultivo com irrigação propiciou as maiores alturas de plantas, isso porque o crescimento vegetativo das plantas tende a aumentar quando submetidas a condições ambientais favoráveis, proporcionando à planta uma melhor condição de

desenvolvimento. Entre os genótipos avaliados, verifica-se que apenas os genótipos CMF250; CMF011 e CMF234 diferiram significativamente quando submetidos à supressão hídrica, quanto aos demais genótipos observa-se que a restrição hídrica não promoveu diferença significativa para os valores de altura de plantas. Já o genótipo CMF 248 e o CMF 011 tiveram o comportamento inverso, no tratamento controle as plantas cresceram menos do que em déficit.

A deficiência hídrica promove nas plantas alterações no seu crescimento, pois estão diretamente relacionadas à expansão celular (TAIZ et al., 2017). Quando cultivados sob déficit hídrico, os genótipos que apresentaram as menores alturas foram: CMF150 e CMF234, pertencentes ao grupo Solo, enquanto os demais genótipos não diferiram entre si. Esses mesmos genótipos apresentaram comportamento semelhante para a variável diâmetro de caule (Tabela 4), onde os seus valores de médias foram inferiores quando comparados aos demais genótipos. Os genótipos L1006, L47P5, Tainung, CMF 250, CMF 248 e L47P8 apresentaram maiores diâmetros de caules.

**Tabela 4:** Diâmetro do caule de diferentes genótipos de mamoeiro submetidos a 16 dias de suspensão hídrica na fase inicial de crescimento.

<b>Genótipos (Grupos)</b>	<b>Médias</b>
L47P8 (Solo)	8,095 A
CMF 150 (Solo)	6,107 B
Tainung' (Formosa)	8,680 A
CMF 248 (Solo)	8,469 A
CMF 250 (Solo)	8,488 A
CMF 011 (Formosa)	7,450 A
CMF 234 (Solo)	5,701 B
L1006 (Formosa)	8,750 A
L47P5 (Formosa)	8,717 A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O diâmetro do caule é uma importante característica para a produção de mamão (CONCEIÇÃO et al., 2021). As plantas com maior diâmetro do caule não tendem ao acamamento e conseqüentemente produzem maiores frutos e são mais produtivas (VETTORAZZI et al., 2020).

Segundo Salles et al. (2019), mudas de mamão com maior altura e maior diâmetro resultam em maior quantidade de fitomassa, conseqüentemente maior resistência e qualidade para ser transplantado no campo. Ruas et al. (2022) observou que estresse hídrico no genótipo de mamão Aliança promoveu redução no crescimento, uma vez que se verificou redução na área foliar, diâmetro do caule e altura da planta.

Quanto às condições de cultivo, o irrigado diferiu significativamente do cultivo sob déficit hídrico, propiciando à planta um melhor desenvolvimento do diâmetro do caule, cerca de 10% (Tabela 5). Malau et al. (2018), observaram uma redução de aproximadamente 18% do diâmetro do caule ao avaliarem o crescimento de cultivares de café arábica sob estresse hídrico.

Os maiores diâmetros de caule indicam taxas líquidas de assimilação dos produtos da fotossíntese (SOUZA et al., 2016). Porém, o crescimento da planta deve estar acompanhado com o aumento do diâmetro do colo, devido a sua importância na sustentação e condução da seiva (xilema) para parte aérea da planta (FREITAS et al., 2007).

No entanto, quando a planta se encontra sob restrição hídrica, o gasto de energia aumenta com a redução do diâmetro caulinar durante o processo de translocação de água, o que retarda o desenvolvimento da planta (SOUTO et al., 2013). Essa redução é o mecanismo de adaptação da planta para mitigar os efeitos de condições ambientais adversas (CASTANHEIRA et al., 2016), diminuindo a possibilidade da formação de bolha de ar (embolismo) no interior de caule para permitir o transporte da seiva (SEVANTO et al., 2018).

**Tabela 5:** Médias de diâmetro do caule (mm) de diferentes genótipos de mamoeiro para os tratamentos controle e de déficit hídrico durante 16 dias na fase inicial de crescimento.

<b>Tratamentos</b>	<b>Médias</b>
Controle	8,49 A
Déficit hídrico	7,16 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

Para o número de folhas, os genótipos avaliados não diferiram significativamente entre si, e apresentaram um valor médio de seis folhas por

plantas. Por outro lado, o efeito significativo ocorreu apenas para o fator condição de cultivo, sendo o tratamento irrigado foi o que propiciou melhores condições às plantas. Pode-se inferir que o impacto da restrição hídrica foi observado pela diminuição do número de folhas, bem como pela redução da superfície foliar (Tabela 6).

Bernardo et al. (1996) assim como Coelho et al. (1999) observaram que a condição de déficit hídrico acentuado ocasiona atraso no desenvolvimento do mamoeiro e reduziu a taxa de crescimento do caule e das folhas, além de provocar queda das flores ou estímulo à produção de flores estéreis.

**Tabela 6:** Número de folhas dos diferentes genótipos de mamoeiro para os tratamentos testados (condição controle e déficit hídrico) na fase inicial de crescimento durante 16 dias.

<b>Tratamentos</b>	<b>Médias</b>
Controle	8,93 A
Déficit hídrico	4,00 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

Constatou-se pelos resultados obtidos neste trabalho que as plantas irrigadas apresentaram 55% mais folhas em comparação com plantas submetidas à restrição hídrica, essa diferença foi devido ao mecanismo alternativo da planta para diminuir a área evapotranspiratória e evitar perda excessiva de água, assim como, evitar o comprometimento da atividade fotossintética através da diminuição de área foliar pelo fechamento estomático (TAIZ; ZEIGER, 2004; TAIZ et al., 2017). Dessa forma, entende-se que a deficiência hídrica, pode afetar praticamente todos os aspectos do crescimento das plantas, como a anatomia, a fisiologia e a bioquímica (SILVA et al., 2012).

Para variável massa seca da parte aérea (Tabela 7), na condição de controle, o genótipo L47P5 foi o que apresentou o maior desenvolvimento de parte aérea, diferindo significativamente da condição sob déficit hídrico. Esse mesmo genótipo também obteve maiores médias sob estresse hídrico, juntamente com o Tainung e CMF011. Apenas o genótipo CMF011 apresentou diferenças significativas entre as condições de cultivo empregadas, o que sugere que o desenvolvimento da parte aérea da planta não foi afetado pela condição de

estresse hídrico. Resultados semelhantes foram relatados por Lima et al. (2015), avaliando mamoeiro submetido a técnica de PRD observaram que a redução de 50% da lâmina de irrigação, diminuiu a produção de matéria seca da parte aérea e da raiz.

A restrição hídrica por um período prolongado, aumenta a suscetibilidade aos ataques de patógenos e pragas, porém, diminui a suscetibilidade a organismos que requerem superfícies foliares úmidas ou solos úmidos para infecção (BENINCASA LEITE, 2002).

**Tabela 7:** Massa seca da parte aérea (MSPA) (g) de diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à irrigação (controle) e suspensão hídrica por 16 dias na fase inicial de crescimento.

Genótipos (Grupo)	Tratamentos	
	Controle	Déficit hídrico
L47P8 (Solo)	4,14Ba	2,21Bb
CMF 150 (Solo)	3,03Ca	1,14Cb
Tainung (Formosa)	3,80Ba	2,82Ab
CMF 248 (Solo)	2,59Ca	2,01Ba
CMF 250 (Solo)	3,37Ca	2,08Bb
CMF 011 (Formosa)	2,60Ca	2,46Aa
CMF 234 (Solo)	3,38Ca	0,86Cb
L1006 (Formosa)	3,66Ba	2,01Bb
L47P5 (Formosa)	5,02Aa	2,93Ab

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Para a variável massa seca de raiz, sob à condição controle, os genótipos que apresentaram as maiores médias foram L47P8 e CMF011, no entanto diferiram entre si da condição sob déficit hídrico, mostrando por sua vez que a condição irrigada proporcionou melhores condições de desenvolvimento de raízes às plantas (Tabela 8). Para os demais genótipos não houve diferença entre a presença e ausência de água, mostrando que para estes materiais não houve comprometimento no desenvolvimento das raízes.

Na condição de déficit hídrico, os genótipos (L47P8 e CMF234), foram os que apresentaram os menores valores médios para massa seca de raiz. Pode-se observar que o estresse não causou grandes redução no acúmulo de massa seca de raiz em relação à parte aérea, chegando atingir médias maiores que o controle em genótipos L1006.e L47P5, isso acontece porque nas plantas adaptadas ao estresse à medida que aumenta o déficit de água, a região úmida termina nas camadas superficiais do solo, ocorre a perda de raízes superficiais e proliferação de raízes mais profundas (LI et al., 2011).

**Tabela 8:** Massa seca de raiz (MSR) (g) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à suspensão hídrica por 16 dias na fase inicial de crescimento.

Genótipos (Grupo)	Tratamentos	
	Controle	Déficit hídrico
L47P8 (Solo)	1,42 Aa	0,47 Bb
CMF 150 (Solo)	0,98 Ca	0,89 Aa
Tainung' (Formosa)	1,13 Ba	0,96 Aa
CMF 248 (Solo)	0,98 Ca	0,81 Aa
CMF 250 (Solo)	1,11 Ba	0,86 Aa
CMF 011 (Formosa)	1,50 Aa	1,10 Ab
CMF 234 (Solo)	0,48 Da	0,58 Ba
L1006 (Formosa)	0,69 Da	0,79 Aa
L47P5 (Formosa)	0,91 Ca	0,93 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de probabilidade.

A massa seca total, demonstra o somatório dos pesos da matéria seca da parte área e o peso da matéria seca das raízes, segundo a análise de variância apresentou efeito significativo para a interação dos fatores em estudo. Sob condição de controle, os genótipos que apresentaram os maiores valores médios foram L47P8, Tainung e L47P5, e os demais genótipos não diferiram entre si (Tabela 9).

Para a condição de déficit hídrico, os genótipos Tainung', CMF011 e L47P5 foram os que apresentaram os maiores valores médios. Todos os genótipos diferem entre as condições de controle e sob déficit hídrico, e, a condição controle



foi a que proporcionou a melhor condição para massa seca total na maioria dos genótipos.

**Tabela 9:** Massa seca total (g) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à suspensão hídrica por 16 dias na fase inicial de crescimento.

Genótipos (Grupo)	Tratamentos	
	Controle	Déficit hídrico
L47P8 (Solo)	5,56Aa	2,68Bb
CMF 150 (Solo)	4,02Ba	2,04Cb
Tainung' (Formosa)	4,94Aa	3,79Ab
CMF 248 (Solo)	3,57Ba	2,83Ba
CMF 250 (Solo)	4,49Ba	2,94Bb
CMF 011 (Formosa)	4,11Ba	3,57Aa
CMF 234 (Solo)	3,87Ba	1,44Cb
L1006 (Formosa)	4,35Ba	2,8Bb
L47P5 (Formosa)	5,93Aa	3,87Ab

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Cruz et al. (2021) também observaram redução de 38, 41 e 38% na massa seca de folha, raiz e total, respectivamente, quando comparadas às plantas controle em mudas de açaizeiro sob condição de restrição hídrica aos 14 e 21 dias. Alok et al. (2011) relataram reduções no crescimento de todos os órgãos do mamoeiro durante a fase de crescimento vegetativo sob déficit hídrico.

Para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD), observou-se que houve efeito significativo para a interação dos fatores em estudo, e, conforme podemos observar na tabela apenas os genótipos CMF234; L1006 e L47P5 foram os que não diferiram significativamente entre as condições de cultivo empregadas. Já, os demais foram afetados de maneira significativa, e a condição de sequeiro foi a que influenciou de maneira negativa o desenvolvimento das plantas (Figuras 2).

**Figura 2:** Genótipos de mamoeiro CMF47P8, CMF150, Tainung, CMF248, CMF250, CMF011, CMF234, L1006 e L47P5, avaliados em condições de déficit hídrico.



Autor: Noémio Luís Fernandes

**Tabela 10:** Índice de qualidade de Dickson (IQD) dos diferentes genótipos de mamoeiro submetidos à 16 dias de suspensão hídrica na fase inicial de crescimento.

Genótipos	Tratamentos	
	Controle	Déficit hídrico
L47P8 (Solo)	0,72 Aa	0,26 Bb
CMF 150 (Solo)	0,55 Ba	0,33 Ab
Tainung' (Formosa)	0,56 Ba	0,43 Ab
CMF 248 (Solo)	0,54 Ba	0,35 Ab
CMF 250 (Solo)	0,53 Ba	0,36 Ab
CMF 011 (Formosa)	0,63 Aa	0,44 Ab
CMF 234 (Solo)	0,30 Ca	0,21 Ba
L1006 (Formosa)	0,42 Ca	0,35 Aa
L47P5 (Formosa)	0,57 Ba	0,44 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de probabilidade.

O IQD é um parâmetro relacionado ao vigor das mudas que possibilita o entendimento geral com relação a distribuição da fitomassa nas diferentes partes da planta. É uma ferramenta essencial e balanceada para avaliação da qualidade de mudas, pois leva em consideração a robustez (relação H/DC) da distribuição da biomassa e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda (relação MSPA/MSR) (CALDEIRA et al., 2007; PINTO et al. 2021). De acordo com Gomes et al. (2013), este índice varia em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e principalmente da idade em que a muda foi avaliada.

Quanto maior os valores de IQD, maior será a qualidade das mudas assim como a sua capacidade de desenvolvimento em campo (ARAÚJO et al., 2016). Os valores deste índice alcançados neste trabalho foram superiores a 0,20; que é o valor mínimo para que uma muda seja considerada de qualidade ou agronomicamente adequada, sendo que valores superiores a 1,0 indicam alta produção de biomassa (Hunt, 2000; OLIVEIRA et al., 2020).

Apesar do efeito do estresse hídrico nas plantas estudadas, nesta variável foram encontrados altos valores de IQD em alguns genótipos. As plantas obtiveram um índice de qualidade desejável, o que demonstra uma certa tolerância a este fator abiótico. Alguns genótipos (L47P8, CMF011 e L47P5) diferiram significativamente dentre as condições empregadas, mas, se destacaram em condições de déficit hídrico por apresentarem maiores IQD e melhor desenvolvimento e crescimento das plantas.

Na condição de déficit hídrico, observa-se que os genótipos L47P8 e CMF234, apresentaram as menores médias para IQD. Pelo fato do L47P8 ter apresentado um dos maiores valores de média na condição controle, entende-se que esse genótipo é suscetível ao déficit hídrico.

Os resultados obtidos em IQD podem ser correlacionados com o de massa seca de raiz onde os genótipos L47P8 e CMF234, tiveram os seus desenvolvimentos comprometidos quando comparados aos demais genótipos. Correlações de variáveis como a do presente trabalho, também foi realizada por Binotto (2007), em trabalho de relações de variáveis de crescimento para o Índice de Qualidade de Dickson para a cultura do *Eucalyptus* e *Pinus*.

Machado Filho et al. (2006) observaram que as condições de déficit hídrico promovem nas plantas de mamoeiro uma baixa nos valores das taxas fotossintéticas devido à baixa condutância estomática presente nas folhas. Isto pode ser justificado devido à queda no conteúdo relativo de água, a uma menor taxa de absorção de água pelo sistema radicular, concomitante a perda de água durante as trocas gasosas realizadas através dos estômatos (QUEIROZ, 2002; LOBATO et al., 2008).

Verificou-se que a condição controle proporcionou as melhores condições de cultivo às plantas, entretanto, mesmo em meio às condições adversas, às plantas tendem a desenvolver mecanismos fisiológicos e adaptações capazes de suportar o estresse abiótico, o que sugere certa tolerância da cultura ao déficit hídrico. Essa tolerância está associada à capacidade desta espécie em retardar a desidratação através da manutenção de alto teor de água na folha (MARLER; COLS, 1994).

Em geral, dependendo da espécie estudada e de condições de crescimento das mudas, estudos que avaliam estresse hídrico em diferentes

culturas, mostram que a deficiência hídrica pode ou não prejudicar a biomassa da planta. Lima et al. (2015) avaliando plantas de mamoeiro submetidas a déficit hídrico em casa de vegetação por 20 dias, observaram que todos órgãos da planta, inclusive a massa seca e volume da raiz foram afetadas negativamente, os autores acreditam que a produção de peso seco foi limitada principalmente pelo grau de déficit hídrico do solo imposto.

#### 4. CONCLUSÕES

A condição irrigada proporcionou melhores condições de crescimento e desenvolvimento inicial para as plantas de mamoeiro;

Os genótipos de mamoeiro avaliados apresentaram variação na resposta ao déficit hídrico nas variáveis avaliadas;

O genótipo CMF234 do grupo Solo foi o mais suscetível ao déficit hídrico;

Foi possível identificar 5 genótipos: L47P5 (Formosa), CMF250 (Solo), L1006 (Formosa), Tainung (Formosa) e L47P8 (Solo) com respostas promissoras para a tolerância ao déficit hídrico de 16 dias, por terem demonstrado menor sensibilidade na maior parte dos caracteres avaliados e darão continuidade ao processo de avaliação estabelecido dentro do programa de melhoramento.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALOK, T.; SRIVASTAVA, N.Y.; KHALID, K. Effect of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Papaya (*Carica papaya* L.) Plant Under water Stress Conditions. **Indian Journal of Scientific Research**, v.2, p.65-67, 2011.

BERNARDO, S.; CARVALHO, J.A.; SOUSA, E.F. Irrigação do mamoeiro. Campos dos Goytacazes: UENF. **Boletim Técnico**, n.5, p.20, 1996.

BINOTTO, A.F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii*- Engelm.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8768/Alexandre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 jun. 2023.

CAMPOSTRINI, E.; SCHAFFER, B.; RAMALHO J, D.; GONZÁLEZ, J. C.; RODRIGUES, W.P; SILVA, J.R.; LIMA, R.S Environmental factors controlling

carbono assimilation, growth, and yield of papaya (*Carica papaya* L.) under water-scarcity scenarios. In: **Tejero IFG, Zuazo VHD** (eds) **Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment**. Academic Press, London, UK. 24. 2018.

CAMPOSTRINI, E.; SCHAFFER, B.; RAMALHO, J.D.C.; GONZÁLEZ, J.C.; RODRIGUES, W.P.; SILVA, J.R.; LIMA, R.S.N. Environmental factors controlling photosynthesis, growth and yield in papaya plant. **Academic Press Elsevier**, v. 1, p.1-264, 2018.

CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F.W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A. M.; FRANCIA, E.; MARÈ, C.; TONDELLI, A.; STANCA, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v.105, p.1-14, 2008.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551-560, 2009.

CHAVES, M.M.; ZARROUK, O.; FRANCISCO R.; COSTA, J.M.; SANTOS T.; REGALADO A.P.; RODRIGUES M.L.; LOPES, C.M. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annls Botany**, v.105, p.661-676, 2010.

CHAVES, M.M., ZARROUK, O. Crop responses to available soil water. In: **Encyclopedia of Sustainability Science and Technology**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. p.2638-2661, 2013.

COELHO, E.F.; SILVA, J.G.F.; SOUZA, L.F.S. Irrigação e fertirrigação. In: **Sanches, N.F., Dantas, J.L.L. (coords.)**. Circular Técnica, 34. O cultivo do mamão. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, cap.7, p.32-41, 1999.

COELHO, D.C.; SILVA, E.C.B.; SILVA, F.M.; SOUSA, E.M.L.; NOBRE, R.G. Crescimento de mudas de mamoeiro em condições controladas com água salina. **Revista Verde**, v.10, n.1, p.01-05, 2015.

CORDEIRO, Y.E.M.; TAVARES, F.B.; NASCIMENTO, A.W.S.; WAGNER, H.; PENA, A. Aspectos bioquímicos de plantas jovens de açaizeiro (*Euterpe oleraceae*) sob dois regimes hídricos na Amazônia Oriental. **Biota Amazônia**, v.7, n.3, p.52-56, 2017.

DANTAS, L.A.; LIMA, J.S.; SILVA, A.F.; SOUZA, D.S.; DANTAS, R.F.; MAIA, J.M. ADUBAÇÃO SILICATADA IMPULSIONA O CRESCIMENTO DO MAMOEIRO SOB SUPRESSÃO HÍDRICA. **Anais [...] SEMANA DE AGRONOMIA, XV**, 2019, PARAIBA. n. 2 v. 4, 2019. Empreendedorismo e Perspectivas na Ciências Agrárias. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/9187>. Acesso em 18 set. 2022.

DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S.; VILAS BOAS, S.A. Avaliação agronômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. Jaboticabal- SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, 2015.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV. 1987, 279p.

FERRÃO, R.G.; MOREIRA, S.O.; FERRÃO, M.A.G., RIVA, E.M.; ARANTES, L.D.O.; COSTA, A.; GALVÊAS, P.A.O. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo. **Incaper em Revista**, v.6, n.4, p.51-71, 2016.

FONTES, R.V.; GALON, C.; FALQUETO, A.R.; COSTA, A.F.S.; LEITE, I.T.A.; SILVA, D.M. Ecofisiologia do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Sunrise durante o estresse hídrico. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 17, 2002, Belem, PA. Os novos desafios da fruticultura brasileira: anais... Belém: CENTUR, 2002. 2013. Disponível em: <http://localhost:8080/digital/handle/item/58>. Acesso em 15 jun. 2022.

FONTES, R.V.; SANTOS, M.P.; FALQUETO, A.R.; SILVA, D.M.; BACARIN, M.A. Alterações fotossintéticas e de crescimento em plantas de mamoeiro em resposta a diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.14, n.3-4, p.182-187, 2008.

FORTH SOLÚVEIS. **Fertilizantes Farelados** Disponível em: <<https://forthjardim.com.br/produto/forth-soluveis>>. Acesso em 01 mai. 2021.

FREITAS, Z.M.T.S.; OLIVEIRA, F.J.; CARVALHO S.P.; SANTOS, V.F. SANTOS, J.P.O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, v.66, n.2, p.267-275, 2007.

GOMES, D.R.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; GONÇALVES, E.O.; TRAZZI, P.A. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v.19, n.1, p.123-131, 2013.

GUIMARÃES, M.J.M.; LOPES, I.; OLDONI, H.; COELHO FILHO, M.A. Balanço hídrico para diferentes regimes pluviométricos na região de Cruz das Almas-BA. **Revista de Ciências Agrárias**, v.59, n.3, p.252-258, 2016.

HUNT, G.A. Effect of Styroblock Design and Cooper Treatment on Morphology of Conifer Seedlings. In: WESTERN FOREST NURSERY COUNCIL CONFERENCE, 1990, Roseburg, Oregon. Proceedings [...]. Fort Collins: United States Department of Agriculture. Forest Service, p.218-222, 1990.

IBGEE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO AGROPECUÁRIO 2016**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6616#resultado>> Acesso em: 20 abril. 2019.

IBGE– INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO AGROPECUÁRIO 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6616#resultado>> Acesso em: 20 abril. 2019.

LIMA, R.S.N.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.; MARTINS, A.O.; DEUS, B.C.S.; FERRAZ, T.M.; GOMES, M.M.A.; SOUZA, E.F.; GLENN, D.M.; CAMPOSTRINI, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, v.183, p.13-22, 2015.

LIMA, J.F.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciências agroecológicas**, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

LUCENA, R.S. **Caracterização agrônômica de novas linhagens e híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. 2013. Dissertação (Mestrado Recursos Genéticos Vegetais). Disponível em: <https://repositorio.ufrb.edu.br/handle/123456789/865?locale=en>. Acesso em 20 jun. 2022.

MACHADO FILHO, J.A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O.K.; FAGUNDES, G. R. Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro cultivado em condições de campo. **Bragantia**, v.65, n.2, p.185-196, 2006.

MENDES, H.S.J. **Fenotipagem para estudos de estudos de tolerância à deficiência hídrica em eucalipto**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. 2015. Tese (doutorado). Disponível em: <https://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/cathedra/12-05-2015/000829572.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2022.

MOURA, R.S. **Métodos de propagação, aspectos morfofisiológicos e anatômicos de mudas de *Passiflora* spp. sob estresse salino**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. 2019. Tese (doutorado em Ciências Agrárias). Disponível em: [https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/REGIANA\\_DOS\\_SANTOS\\_MOURA.pdf](https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/REGIANA_DOS_SANTOS_MOURA.pdf). Acesso em 20 jun. 2023.

NOBRE, V.F.; SILVA, S.O.; SILVA, M.S. Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.38, p.1-12, 2021.

OLIVEIRA, H.F.E.; XAVIER, P.S.; MESQUITA, M.; CAMPOS, H.M.; SALOMÃO, L. C.; VALE, L.S.R. Desenvolvimento inicial de mudas de mogno africano em função de substratos e lâminas de irrigação. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.4, p.20475-20482, 2020.

PINTO, V.V.F.; BUENO, M. M.; ANTUNES, L.F.S.; ALONSO, J.M.; ABAURRE, G.W. Crescimento de mudas de *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz em diferentes substratos e lâminas de irrigação. **Madera bosques**, v.27, n.1, p.e2712173, 2021.

POSSE, R.P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.D.; PEREIRA, M.G.; MONNERAT, P. H.; GOTTARDO, R.D. Relação entre a produtividade do mamoeiro e o déficit hídrico (ky) na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.158-164, 2009.

SA, F.V.S.; BRITO, M.E.B.; MELO, A.S.; ANTONIO NETO, P.A.; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.



SALLES, J.S.; LIMA, A.H.F.; COSTA, E.; BINOTTI, E.D.C.; BINOTTI, F.F. Papaya seedling production under different shading levels and substrate compositions. **Engenharia Agrícola**, v.39, p.698-706, 2019.

SANTOS, D.B.; COELHO, E.F.L.; SANTOS JUNIOR, J.A.; COELHO FILHO, M.A.; BATISTA, R.O. Influência do balanço de sais sobre o crescimento inicial e aspectos fisiológicos de mamoeiro. **Revista Magistra**, v. 27, 44-53 p. 2015.

SANTOS, J.P.M. **Crescimento do mamoeiro (*Carica Papaya L.*) sob diferentes lâminas de irrigação tratado com brassinosteroide**. Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, Pernambuco, Brasil. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) - Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/12102>. Acesso em 15 jun. 2022.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT: guide for personal computer**; version 9.1. Cary, 235p. 2003.

SILVA, R.T.L.; OLIVEIRA NETO, C.F.; BARBOSA, R.R.N.; COSTA, R.C.L.; CONCEIÇÃO, H.E.O. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. **Nucleus**, v.9, n.2, 2012.

SOUTO, A.G.L.; CAVALCANTE, L.F.; NASCIMENTO, J.A.M.; MESQUITA, F.O.; LIMA NETO, A.J. Comportamento do Noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Revista Irriga**, v.18, n.3, p.442-453, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 880p.

SCHMILDT, O.; CAMPOSTRINI, E.; SCHMILDT, E.R.; TORRES NETO, A.; PEÇANHA, A.L.; FERRAZ, T.M.; FERREGUETTI, G.A.; SOBREIRA, A.R.; GONZÁLEZ, J.C. Effects of indol butyric acid concentration on propagation from cuttings of papaya cultivars 'Golden' and 'Uenf/Caliman 01'. **Fruits**, v.71, p.27-33, 2016.

TECHNES AGRÍCOLA. **Substrato**. Disponível em: [www.technes.com.br/vivatto.html](http://www.technes.com.br/vivatto.html). Acesso em 15 de maio de 2019.

VETTORAZZI, J.C.F.; SANTA-CATARINA, R.; POLTRONIERI, T.P.D.S.; CORTES, D.F.M.; AZEVEDO, A.O.N.; MIRANDA, D.P.; SANTANA, J.G.S.; RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G. Combining ability of recombined F14 papaya lines: a strategy to select hybrid combination. **Scientia Agrícola**, v.78, p.1-8, 2020.

FIGUEREDIO-YAÑEZ, L.F.; SANTANA, A.P.; HERRERA, A.A.; CORONA, U.R.; TEYER, F.S.; ALCOCCER, J.E.; GIL, F. E.; POOL, F.B.; CASTAÑO, E.; ZAPATA, C.R. RAP2.4a. is Transported through the Phloem to Regulate Cold and Heat Tolerance in Papaya Tree (*Carica papaya* cv. Maradol): Implications for Protection Against Abiotic Stress. **PLoS ONE**, v.11, n.10, p. e0165030.

## Capítulo 2

**Distribuição do Sistema Radicular no Desenvolvimento Inicial de Genótipos de Mamoeiro (*Carica papaya* L.) em Condição de Déficit Hídrico**

## **Distribuição do sistema radicular no desenvolvimento inicial de genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em condição de déficit hídrico**

**Resumo:** Conhecer a distribuição do sistema radicular dos vegetais é imprescindível para que seja assegurada a sustentabilidade e viabilidade de um cultivo. Dessa forma, esse estudo teve como objetivo avaliar a distribuição do sistema radicular de nove genótipos de mamoeiro em condição de cultivo irrigado e não irrigado. Nessa perspectiva, conduziu-se o presente experimento na casa de vegetação em blocos em esquema fatorial 9 X 2 (genótipos x irrigação). Aos 88 DAS a parte aérea das plantas (folhas, pecíolo e caule) foram separadas do sistema radicular. Com o auxílio de uma peneira foi separado manualmente o sistema radicular das plantas do substrato com a finalidade de obter as amostras de raízes. As raízes foram digitalizadas utilizando-se um scanner e processadas a partir do software WinRHIZO (Regent Instruments Inc., Québec, Canadá). Obteve-se o diâmetro médio de raiz (mm), classes de diâmetro (cm) e comprimento total de raiz (cm). Com base nos resultados obtidos, verificou-se que não houve efeito significativo para a interação dos fatores em estudo. Foi observado efeito significativo apenas para o fator genótipo nas variáveis: comprimento total (cm) e diâmetro médio do sistema radicular (mm). Não houve efeito significativo para a interação dos fatores em estudo para as variáveis estudadas. Os genótipos L47P5 (Formosa), CMF250 (Solo), L47P8 (Solo), L1006 (Formosa) e Tainung (Formosa) foram selecionados como tolerantes ao déficit hídrico devido ao maior número de raízes finas. A condição irrigada proporcionou melhor desenvolvimento para as plantas de mamoeiro.

**Palavras chave:** raízes finas, fenotipagem, sistema radicular.

### **Distribution of the root system in the initial development of papaya (*Carica papaya* L.) genotypes under water deficit conditions**

**Abstract:** Knowing the distribution of the root system of plants is essential to ensure the sustainability and viability of a crop. Thus, this study aimed to evaluate the distribution of the root system of nine papaya genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. In this perspective, the present experiment was carried out in the greenhouse in blocks in a 9 X 2 factorial scheme (genotypes x irrigation). At 88 DAS the aerial part of the plants (leaves, petiole and stem) were separated from the root system. With the aid of a sieve, the root system of the plants was manually separated from the substrate in order to obtain root samples. The roots were digitized using a scanner and processed using the WinRHIZO software (Regent Instruments Inc., Québec, Canada). Mean root diameter (mm), diameter classes (cm) and total root length (cm) were obtained. Based on the results obtained, it was verified that there was no significant effect for the interaction of the studied factors. A significant effect was observed only for the genotype factor in the variables: total length (cm) and average diameter of the root system (mm). There was no significant effect for the interaction of the factors under study for the studied variables. Genotypes L47P5 (Formosa), CMF250 (Soil), L47P8 (Soil), L1006 (Formosa) and Tainung (Formosa) were selected as water deficit tolerant due to the greater number of fine roots. The irrigated condition provided better development for the papaya plants.

**Key words:** thin roots, phenotyping, root system.

## 1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma das frutas mais consumidas em boa parte dos países da América tropical (DANTAS; OLIVEIRA, 2000). O manejo adequado das culturas depende do conhecimento da demanda de água requerida pela planta, para que possa ser feita uma irrigação apropriada e que o uso dos recursos hídricos seja realizado de modo sustentável. Além de um correto manejo de irrigação, é necessário que as plantas estejam bem nutridas, livres de patógenos e doenças. Para isso deve-se realizar a escolha de variedades produtivas, capazes de promover a produção potencial da cultura sob irrigação (POSSE et al., 2009).

O pomar do mamoeiro requer cuidados básicos essenciais para que dê um retorno econômico satisfatório. Por exemplo, o manejo de irrigação não deve ser negligenciado, pois a cultura não suporta o encharcamento e nem o déficit hídrico. O manejo de irrigação é uma medida para proporcionar condições de umidade adequadas ao desenvolvimento pleno do mamoeiro. Entretanto, esse manejo deve ser realizado de maneira eficiente, onde, a lâmina deve ser aplicada nas quantidades ideais, pois, a aeração no sistema radicular da cultura deve ser assegurada. Em condições adversas os efeitos vão desde a redução do crescimento das plantas, até o apodrecimento do sistema radicular e conseqüentemente a morte das plantas (COELHO FILHO et al., 2007).

O sistema radicular do mamoeiro é pivotante e concentra-se principalmente em uma pequena área ao redor do tronco (COSTA; COSTA, 2003). É responsável pela sustentação, absorção e extração de nutrientes e água da solução do solo. Logo, condições de umidade adequada promovem condições favoráveis para o estabelecimento das plantas com maior vigor. Thani et al., (2016) verificaram que quando o sistema radicular do mamoeiro é comprometido, os seus efeitos foram refletidos nos parâmetros fisiológicos, através da redução da fotossíntese, condutância estomática e teores de clorofila.

Nesse sentido, entende-se que o cultivo das espécies está sempre ligado ao sistema solo-água-planta e atmosfera, e, para caracterizar e identificar genótipos tolerantes ao déficit hídrico, é necessário compreender as relações que ocorrem do sistema radicular à parte aérea. Dessa forma, o objetivo do capítulo é

caracterizar a distribuição do sistema radicular de diferentes genótipos de mamoeiro submetidos ao déficit hídrico nos estágios iniciais de desenvolvimento, para que com os resultados obtidos seja possível identificar possíveis mecanismos de tolerância e suscetibilidade desses materiais à falta de água no solo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Localização e condução do experimento

A pesquisa foi realizada entre os meses de março a junho de 2019. O experimento foi conduzido em condições de viveiro telado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada na cidade de Cruz das Almas-BA, (Latitude: 12°40'39''S, Longitude; 39°06'23''W, Altitude; 225m). A região apresenta precipitação média anual de 1138,9 mm, temperatura média diária de 23,9°C e umidade relativa do ar (UR) de 81% (GUIMARÃES et al., 2016).

### 2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 9 (nove genótipos em duas condições de manejo de irrigação), correspondendo a 18 tratamentos divididos em cinco blocos, sendo uma planta para cada parcela experimental. Os genótipos avaliados estão dispostos na (Tabela 1). As duas condições de manejo de irrigação foram: irrigado e não irrigado. A avaliação foi realizada no final do experimento aos 88 Dias Após a Semeadura, correspondente a 16 dias de aplicação dos tratamentos.

**Tabela 1.** Código de acessos de mamoeiro avaliados em condições de déficit hídrico e seu respectivo grupo heterótico.

<b>Genótipos</b>	<b>Grupo Heterótico</b>
G1 - L47P8	Solo
G2 - CMF 150	Solo
G3 – Tainung	Formosa
G4 – CMF 248	Solo
G5 – CMF 250	Solo
G6 – CMF 011	Formosa
G7 – CMF 234	Solo

G8 – L1006  
G9 – L47P5

Formosa  
Formosa

---

### **2.3. Formação e produção das mudas**

A semeadura procedeu-se no dia 15 de março de 2019 utilizando sacos plásticos contendo substrato comercial Vivatto®. Sua composição é a base de casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica, (TÉCNICAS AGRÍCOLA, 2018). Foram depositadas três sementes por saco plástico e esses foram irrigados manualmente com auxílio do regador e utilizando água de abastecimento do município. Aos 17 dias após a semeadura (DAS) houve total emergência das plântulas e o desbaste das mudas foi realizado aos 41 DAS com o objetivo de deixar apenas uma planta por saco plástico.

### **2.4. Condução do experimento**

#### **2.4.1. Transplântio das mudas**

Aos 52 DAS as mudas foram transplantadas para uma estrutura de PVC contendo como substrato areia previamente lavada, seca à sombra e esterilizada. As plantas passaram por um período de 20 dias de aclimação ao novo substrato.

Nesse período foram realizadas irrigações com solução nutritiva, obtida a partir da diluição do fertilizante FORTH SOLÚVEIS® (Nitrogênio 19%; Fósforo 19%; Cloreto de potássio 19%; Boro 0,02%; Magnésio 0,6%) em água, seguindo as recomendações do próprio fabricante: (1 kg do fertilizante para 1000 L de água). A condutividade elétrica e o pH da solução foram monitoradas e controladas (dados não-mostrados), conforme as especificações do produto (FORTH SOLÚVEIS, 2019).

#### **2.4.2. Irrigação**

Após esta fase, dois tratamentos foram aplicados, um tratamento com irrigação (T1) ao qual água aplicada mantendo umidade constante no solo, e o segundo tratamento (T2) não continha água aplicada, ou seja, as plantas foram submetidas a 16 dias da supressão hídrica.

O manejo de irrigação foi realizado seguindo o método de balanço hídrico, o volume de água (ml) a ser repostado por vaso foi calculado individualmente de acordo com o consumo hídrico de cada planta/unidade experimental, com um turno de rega de três dias. As irrigações foram realizadas no período da manhã, entre os horários de 7:30 às 8:30 a partir da adaptação da equação utilizada por Moura (2019) e Souza et al. (2019) (Eq. 01).

$$VI = (VA - VD) / 0,85 \text{ (ml)} \quad \text{Eq. 01}$$

VI – Volume da água a ser aplicado na irrigação em ml; VA - volume de água aplicado na irrigação anterior em ml; e VD volume drenado em ml. O “0,85”, é o fator para que se obtenha a fração de lixiviação de 0,15.

O controle da drenagem foi realizado seguindo a metodologia proposta por Moura (2019). Inicialmente, as plantas foram irrigadas a cada 2 dias com um volume de água conhecido suficiente para saturar o substrato, depois de cada irrigação foi coletado e medido o volume drenado em cada vaso da planta, a partir de um recipiente coletor acoplado à base de cada vaso (Figura 1). A diferença entre a quantidade de água aplicada e o volume drenado representou a quantidade de água armazenada pelo substrato, ou seja, o volume necessário para colocar a umidade do substrato na capacidade de campo.

As irrigações foram efetuadas com solução nutritiva, com a mesma concentração e produto utilizado no período da aclimatação, conforme descrito anteriormente. As estruturas de PVC em que as plantas foram cultivadas estavam cobertas com folhas de papel alumínio para garantir que a perda de água ocorresse apenas por transpiração e drenagem. Com isso, as plantas foram submetidas ao déficit hídrico moderado, ou seja, os teores de umidade do substrato encontram-se entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente nos tratamentos estudados durante o período experimental.



**Figura 1:** Plantas dispostas em bancada com vasos acoplados na base para controle da drenagem.



**Autor:** Noémio Luís Fernandes

## **2.5. Variáveis avaliadas**

### **2.5.1. Crescimento da parte aérea**

O crescimento das plantas ao longo do tempo de condução do experimento foi determinado no final, correspondente aos 16 dias após o início da aplicação dos tratamentos (88 DAS).

Para essa avaliação determinou-se as seguintes variáveis: altura das plantas (AP), determinada com o auxílio de fita métrica do colo da planta até a gema apical; o diâmetro do caule (DC) determinado a uma altura de 0,30 m do colo da planta, por meio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo IP 67 e o número de folhas (NF) por meio da contagem manual.

### **2.5.2. Análise destrutiva ao final do experimento**

No final do experimento, a parte aérea das plantas (folhas, pecíolo e caule) foi separada do sistema radicular. Com o auxílio de uma peneira foi separado manualmente o sistema radicular das plantas do substrato. Em seguida, as raízes foram lavadas e determinou-se o comprimento máximo (cm) com o auxílio de uma fita métrica.

Em seguida, as amostras foram embaladas e identificadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, tempo necessário para que o peso das amostras ficasse constante. Após a secagem completa das amostras, utilizou-se a balança analítica para determinar a massa seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST).

Posteriormente as amostras foram acondicionadas em álcool a 20% e conservadas em refrigeradores (+5 °C). As raízes foram digitalizadas utilizando-se um scanner Epson expression modelo 11000 XL (Seiko Epson Corporation, Tóquio, Japão) e processadas a partir do software WinRHIZO (Regent Instruments Inc., Québec, Canadá).

### **2.5.3. Análises estatísticas**

Para os dados obtidos foram realizados o teste F da análise de variância e quando significativos ( $p < 0,05$ ) aplicou-se o teste de agrupamento de médias de Scott Knott a 0,05 de probabilidade, utilizando o software estatístico R (R Development Core Team, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise de variância, verificou-se que não houve efeito significativo para a interação dos fatores em estudo (genótipos x condição de irrigação) para as variáveis estudadas.

O efeito significativo ocorreu de maneira isolada para os fatores em estudo. O comprimento total (cm); volume do sistema radicular (cm<sup>3</sup>) e classe de diâmetro maior que dois milímetros (mm) apresentaram efeito significativo para os fatores estudados. O diâmetro médio do sistema radicular (mm) foi significativo somente em condições de déficit hídrico. Para variável classe de diâmetro menor ou igual a dois milímetros (mm), o efeito significativo ocorreu apenas para os genótipos (Tabela 2).

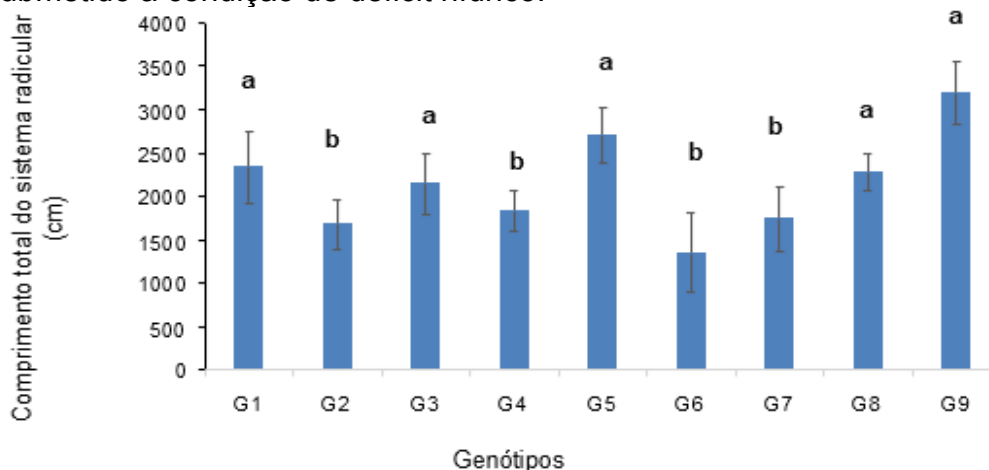
**Tabela 2:** Resultado da análise de variância, para as variáveis, comprimento total do sistema radicular (COMP), diâmetro médio do sistema radicular (DIAM), volume do sistema radicular (VOL), raízes de diâmetro 0≤2mm (C1) e raízes de diâmetro >2 mm (C2).

FV	GL	QM				
		COMP	DIAM	VOL	C1	C2
Bloco	4	3 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>	6 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>
Genótipos	8	4 <sup>*</sup>	4 <sup>ns</sup>	2 <sup>**</sup>	2 <sup>*</sup>	4 <sup>**</sup>
Tratamentos	1	6 <sup>*</sup>	6 <sup>**</sup>	3 <sup>**</sup>	3 <sup>ns</sup>	5 <sup>**</sup>
Genótipos x Tratamentos	8	5 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	6 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>
Resíduo	68	2	2	4	5	6
Total	89	1	1	1	1	1
CV		48,89%	41,03%	43,99%	51,25%	51,76%

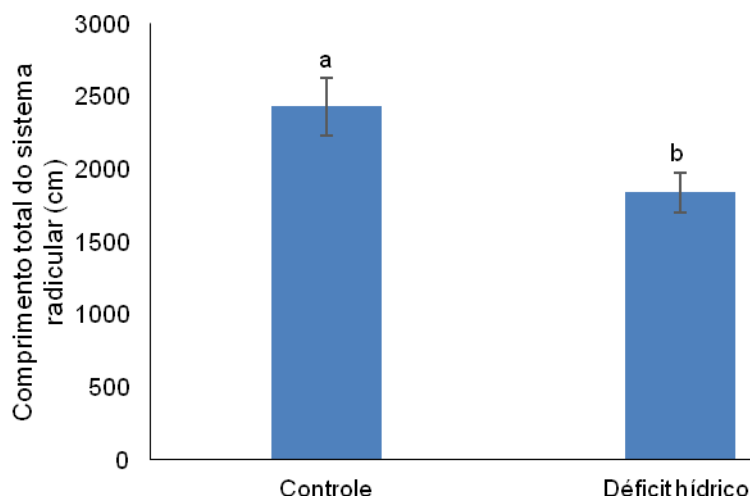
ns-não significativo; \*\*significativo a 0,01 de probabilidade; \*significativo a 0,05 de probabilidade, pelo teste F da análise de variância. FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação, QM=quadrado médio.

Para a variável comprimento total do sistema radicular, observa-se que os genótipos que obtiveram os maiores valores médios foram: L47P5, CMF250, L47P8, L1006 e Tainung (Figura 2). A restrição de oferta de água promoveu queda de 24,3% do comprimento total do sistema radicular (Figura 3). Essa redução provavelmente se deve ao tempo em que as raízes ficam sujeitas a condição de um solo com baixa disponibilidade de água.

**Figura 2:** Comprimento total de raiz (cm) de nove genótipos de mamoeiro submetido à condição de déficit hídrico.



**Figura 3:** Comprimento total do sistema radicular (cm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico).



Resultado semelhante a este foi observado por Santos et al. (2020) ao estudarem a distribuição das raízes do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivada sob a técnica PRD na região semiárida do Norte de Minas Gerais observaram a redução de 20% no comprimento das raízes aos 14 dias de déficit hídrico. Batista et al. (2010) avaliando os genótipos de algodão submetidos a estresse hídrico durante 23 dias, observaram a tolerância em genótipos com raízes mais alongadas.

De acordo com Taiz et al. (2017) o alongamento do sistema radicular e diminuição da parte aérea são estratégias da planta para a absorção de água nas camadas mais profundas do solo. Como medida de sobrevivência, as plantas, tendem a distribuir mais biomassa para as raízes quando submetidas à déficit

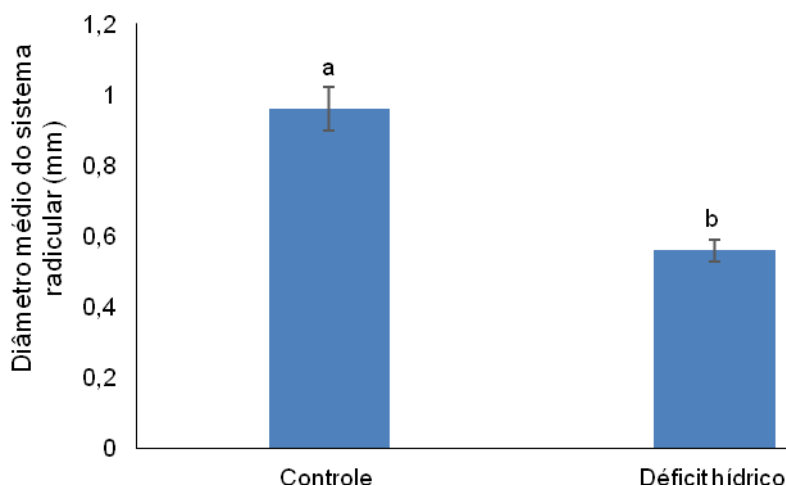
hídrico (KERBAUY, 2019). Porém, o sistema radicular das plantas quando bem desenvolvido interfere de maneira positiva na capacidade do genótipo em suprir as demandas da parte aérea no que tange às demandas por água e nutrientes (NASCIMENTO et al., 2012).

Para que o sistema radicular continue em crescimento é necessário que seja mantida uma pressão de turgor mínima nas células, capaz de permitir o alongamento da parede celulósica e o crescimento celular. Em condições de déficit hídrico, o que ocorre é uma redução no potencial da água nas raízes, fazendo-se necessário um rápido ajuste osmótico a fim de que seja restabelecido a pressão de turgor e permitindo assim a manutenção do alongamento celular (HSIAO; XU, 2000). Quanto mais bem desenvolvido o sistema radicular das plantas, maior é a sua tolerância às condições de déficit hídrico (HOOGENBOOM et al., 1987).

Cruz et al. (2021) observaram redução do sistema radicular em mudas de açaizeiro, sob condição de restrição hídrica de 14 e 21 dias. Assim como Santos et al. (2016) observaram a redução no sistema radicular ao avaliarem a distribuição das raízes da bananeira 'BRS Princesa' cultivada sob a técnica PRD na região semiárida do Norte de Minas Gerais. Essa redução no comprimento radicular pode ser atribuída ao estresse severo que causa limitação da planta na produção e translocação de fotoassimilados para raiz.

Para variável diâmetro médio do sistema radicular, não houve efeito significativo entre os genótipos, sendo observado efeito apenas para as condições de irrigação empregadas, com redução na ordem de 41,66% quando as plantas foram cultivadas em meio ao déficit hídrico (Figura 4).

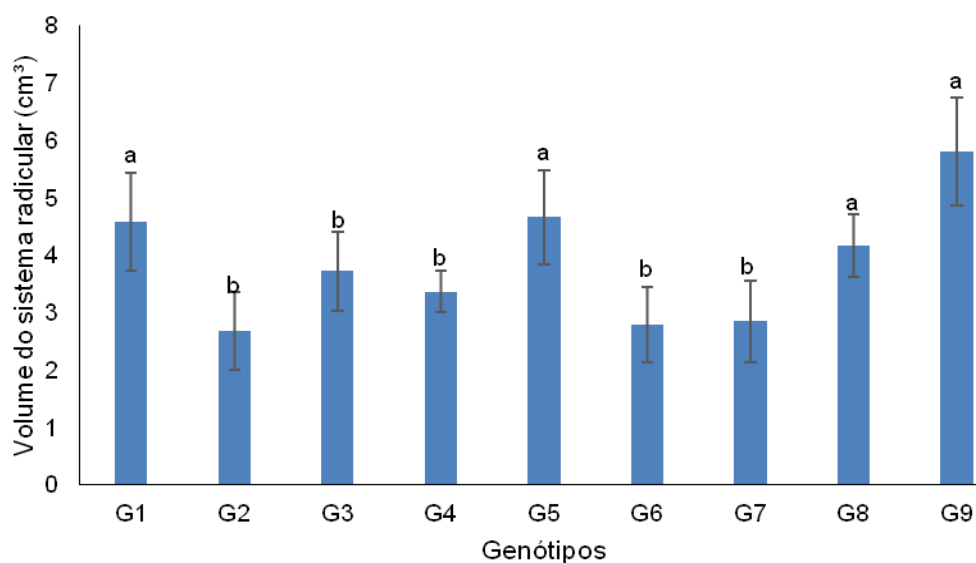
**Figura 4:** Diâmetro do sistema radicular (mm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico).



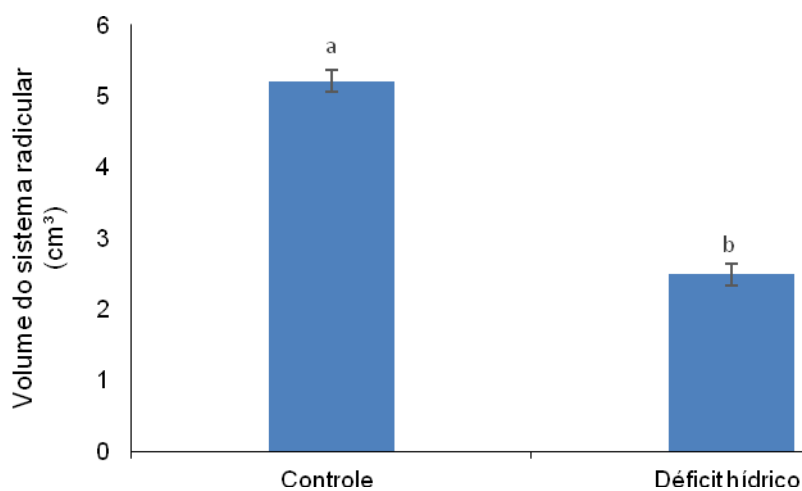
Assim como ocorreu no comprimento total de raízes, o volume do sistema radicular (Figura 5) apresentou diferença significativa para os fatores em estudo. Os genótipos L47P5, CMF250, L47P8 e L1006 obtiveram maiores médias de volume radicular, diferindo dos demais.

Esta variável se mostrou mais sensível à restrição de água, apresentando queda de 52,15% quando comparada à média obtida pelas plantas irrigadas. Segundo Magalhães Filho et al. (2008), o crescimento das raízes de plantas em condições de estresse hídrico se dá principalmente por conta de dois fatores: o direcionamento dos fotoassimilados recém-produzidos ou a mobilização das reservas de outros órgãos para as raízes. Nessa perspectiva, temos o sistema radicular como mecanismo de defesa vegetal, a partir do alongamento e desenvolvimento celular. Entretanto, quando o estresse hídrico é severo há redução do volume de raízes em virtude da redução de fotoassimilados pela planta (CRUZ et al., 2021).

**Figura 5:** Volume do sistema radicular ( $\text{cm}^3$ ) dos genótipos de mamoeiro submetidos às condições de déficit hídrico.



**Figura 6:** Volume do sistema radicular (cm<sup>3</sup>) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico).

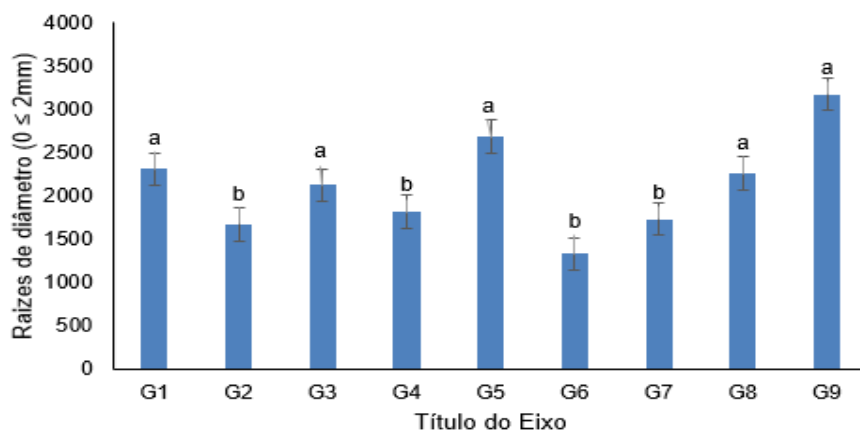


As classes de diâmetros foram agrupadas em dois grupos, àquelas  $0 \leq 2\text{mm}$  que são consideradas as raízes finas e também raízes de absorção, e as raízes  $\geq 2\text{mm}$  raízes grossas, raízes de sustentação.

Conforme podemos visualizar na (Figura 7), os genótipos que apresentaram o maior número de raízes finas foram: L47P5 (Formosa), CMF250(Solo), L47P8 (Solo), L1006 (Formosa) e Tainung (Formosa). E, a

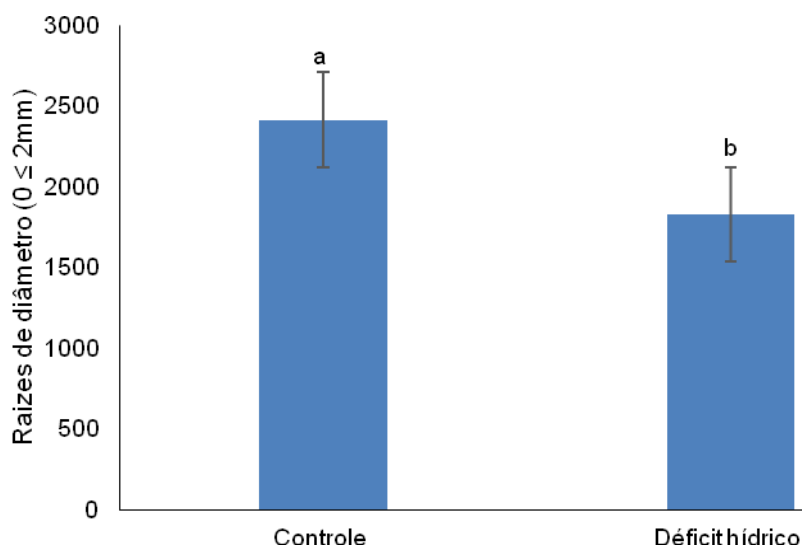
condição irrigada proporcionou um melhor desenvolvimento de raízes finas quando comparada à condição de déficit hídrico (Figura 8). Genótipos com um maior número de raízes finas são os de maior interesse, pois, essas raízes são majoritariamente responsáveis pela absorção de água e nutrientes. Segundo Silva et al. (2007) o melhor desenvolvimento das raízes finas foi devido à maior zona de absorção gerada por esse tipo de raízes, e a sua maior adaptabilidade a solos com pouca disponibilidade de nutrientes e água.

**Figura 7:** Raízes de diâmetro ( $0 \leq 2\text{mm}$ ) dos genótipos de mamoeiro submetidos às condições de déficit hídrico.



**Figura 8:** Raízes de diâmetro ( $0 \leq 2\text{mm}$ ) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico).





Segundo Liu et al. (2010) apenas plantas com características de resiliência, de ambientes áridos e semiáridos apresentam melhoras na eficiência de captura de água e soluções nutritivas por produzir raízes mais finas.

Para a maioria das variáveis de interesse (comprimento total do sistema radicular, volume médio do sistema radicular, desenvolvimento de raízes finas) os genótipos (L47P5, CMF250, L47P8, L1006 e Tainung) foram os que apresentaram os maiores valores absolutos, apresentando assim, melhores desempenhos de sistema radicular, mesmo sob condição de estresse hídrico. Li et al. (2011) avaliaram o milho sob estresse hídrico, observaram que houve aumento no comprimento, volume e área superficial da raiz.

À medida que aumenta o déficit de água, as camadas superiores do solo são geralmente as primeiras a secar. Portanto, quando todas as camadas do solo são umedecidas, as plantas desenvolvem um sistema radicular predominantemente superficial, e, quando a região úmida termina nas camadas superficiais do solo, ocorre a perda de raízes superficiais e proliferação de raízes mais profundas (LI et al., 2011). Após a avaliação do mamoeiro submetido ao estresse, Silva et al. (2012) verificaram que o déficit hídrico promove nas plantas uma queda no conteúdo relativo de água nas folhas e aumento nas concentrações de sacarose, carboidratos solúveis totais, prolina e glicina-betaína, tanto nas raízes quanto nas folhas.

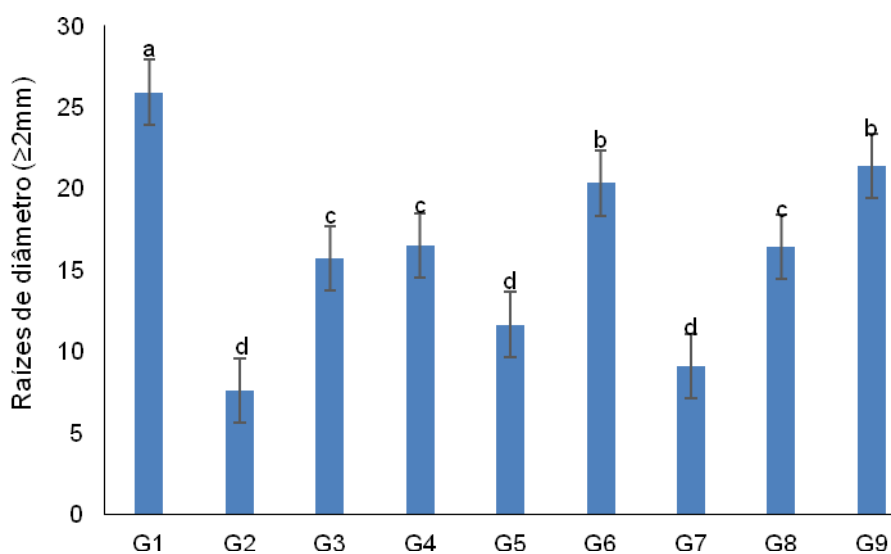
O crescimento e aprofundamento do sistema radicular com o objetivo de manter a absorção de água podem ser considerados uma forma de proteção

contra o estresse abiótico proporcionado pelo déficit hídrico. Em algumas culturas, como arroz, sorgo e milho, um sistema radicular mais desenvolvido e profundo contribui substancialmente para melhorar o desempenho das culturas. Sendo que, a área de superfície radicular está diretamente relacionada à absorção de nutrientes (IMADA et al., 2008; GRIEDER et al., 2014; ANANTHA et al., 2016; MAGALHÃES et al., 2016).

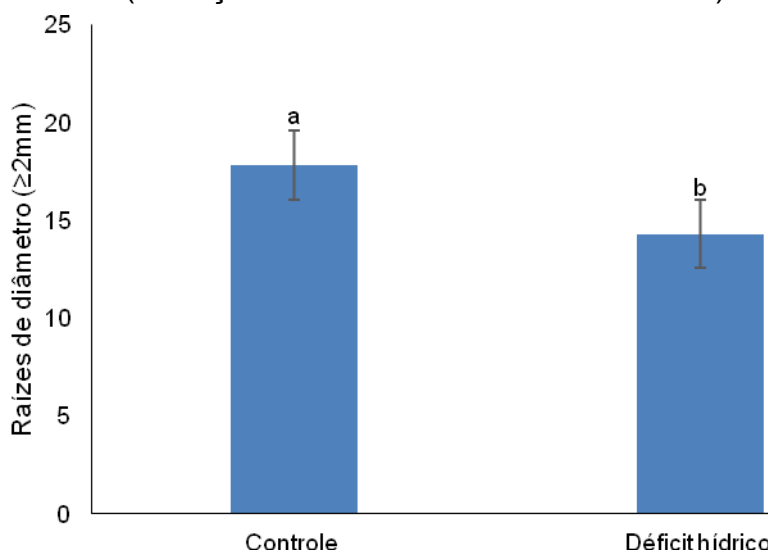
Com base nestas afirmações, considera-se que os genótipos L47P5, CMF250, L47P8, L1006 e Tainung submetidos ao estresse hídrico apresentaram características de tolerância às condições de déficit hídrico. Ramos Junior et al. (2013) utilizaram desse mesmo parâmetro para identificar um mecanismo de adaptação do sorgo granífero a condições de baixa disponibilidade hídrica.

Para as raízes de diâmetro ( $\geq 2\text{mm}$ ), o genótipo L47P5 foi o que apresentou o maior número de raízes (Figura 9) e como esperado, a condição irrigada proporcionou o melhor desenvolvimento de raízes (Figura 10).

**Figura 9:** Raízes de diâmetro ( $>2\text{mm}$ ) dos genótipos de mamoeiro submetidos às condições de déficit hídrico.



**Figura 10:** Raízes de diâmetro (>2mm) dos diferentes genótipos para os tratamentos testados (condição de controle e sob déficit hídrico).



Em geral, o déficit hídrico causa o aumento no crescimento radicular em relação ao caule e parte aérea, considerado um mecanismo de tolerância ao estresse hídrico (Hernández, 2014). A partir dos resultados obtidos no presente trabalho observou-se que quanto maior o número de raízes finas desenvolvidas pelos genótipos, maior a sua capacidade de tolerar o déficit hídrico, o que por consequência propiciam em um maior volume de raízes, associadas a estas características, porque as plantas tendem a ter o seu desenvolvimento de raízes para as camadas mais profundas em busca de água e nutrientes.

Os genótipos que apresentam o maior desenvolvimento de raízes finas apresentam características de tolerância ao déficit hídrico, bem como o alongamento do sistema radicular, aumento do comprimento do sistema radicular, no volume radicular são respostas de tolerância ao déficit hídrico.

#### 4. CONCLUSÕES

Os genótipos que obtiveram raízes finas são mais promissores a promover tolerância ao déficit hídrico;

Foram selecionados como genótipos tolerantes ao déficit hídrico os genótipos L47P5 (Formosa), CMF250 (Solo), L47P8 (Solo), L1006 (Formosa) e Tainung (Formosa).

#### 5. REFERÊNCIAS

ANANTHA, M.S.; PATEL, D.; QUINTANA, M.; SWAIN, P.; DWIVEDI, J.L.; TORRES, R. O.; VERULKAR, S.B.; VARIAR, M.; MANDAL, N.P.; KUMAR, A.; HENRY, A. Trait combinations that improve rice yield under drought: Sahbhagi Dhan and new drought-tolerant varieties in South Asia. **Crop Science**, v.56, p.408-442, 2016.

BATISTA, C.H.; AQUINO L.A.; SILVA T.R.; SILVA, H.R.F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, p.197-206, 2010.

CAMPOS, M.P. **Comportamento morfofisiológico de plantas jovens de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) submetidas ao déficit hídrico**. Sete Lagoas, Rio de Janeiro, Brasil. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Disponível em: [https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Dissertacao%20Matheus\\_12\\_08\\_2016.pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Dissertacao%20Matheus_12_08_2016.pdf). Acesso em 15 jul. 2023.

COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F.; CRUZ, J.L. Uso da transpiração máxima do mamoeiro para o manejo de irrigação por gotejamento em regiões úmidas e subúmidas. [recurso eletrônico]. **Documentos 162, Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 21º ed., 2006.

CRUZ, M.S.F.V.; FARIAS, P.M.R.; ALVES, J.D.N.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; SAUMA FILHO, M.; SILVA, J.V.S.; AGUIAR, A.C.S.; SILVA, P.M.; PINHEIRO, M.C.; OLIVEIRA, J.N. Growth and development of young açai plants under water deficit in Oxisol. **Research, Society and Development**, v.10, n.12, p.e496101220582, 2021.

GRIEDER, C.; TRACHSEL, S.; HUND, A. Early vertical distribution of roots and its association with drought tolerance in tropical maize. **Plant and Soil**, v.377, p.295-308, 2014.

HERNÁNDEZ, Y.D.; LA NOVAL, W.T.; CABELLO, J.R.; HERNÁNDEZ, P.R. Respuesta de plantas de papaya silvestre (*Carica cubensis* Solms) al estrés hídrico y su recuperación: aspectos fisiológicos y del crecimiento. [en línea]. **Cultivos Tropicales**, v.35, n.3, p.55-61, 2014.

HOOGENBOOM, G.; HUCK, M.G.; PETERSON, C.M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agronomy Journal**, v.79, n. 4, p.607-614, 1987.

HSIAO, T.C.; XU, L.K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.1595-1616, 2000.

IMADA, S.; YAMANAKA, N.; TAMAI, S. Water table depth effects *Populus alba* fine root growth and whole plant biomass. **Functional Ecology**, v.22, p.1018-1026, 2008.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Guanabara Koogan. 3ª ed, 2019, 420p.

LI, Y.; SPERRY, J.S.; SHAO, M. Hydraulic conductance and vulnerability to cavitation in corn (*Zea mays* L.) hybrids of differing drought resistance. **Environment and Experimental Botany**, v.66, p.341-346, 2009.

LIU, G.; FRESCHER, G.T.; PAN, X.; CORNELISSEN, J.H.C.; LI, Y.; DONG, M. Coordinated variation in leaf and root traits across multiple spatial scales in Chinese semi-arid and arid ecosystems. **New Phytologist**, v.188, p.543-553, 2010.

MAGALHÃES FILHO, J.R.; AMARAL, L.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxertos. **Bragantia**, v.67, n.1, p.75-82, 2008.

MAGALHÃES, P.C.; SOUZA, T.C.; LAVINSKY, A.O.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; OLIVEIRA, L.L.; CASTRO, E.M. Phenotypic plasticity of root system and shoots of *Sorghum bicolor* under different soil water levels during pre-flowering stage. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, p.81-87, 2016.

NASCIMENTO A.K.S.; FERNANDES P.D.; SUASSUNA, J.F.; OLIVEIRA, A.C.M.; SOUSA, M.S.S.; AZEVEDO, J.G.N. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Irriga**, Edição especial, p.438-452, 2012.

RAMOS JUNIOR, E.U.; MACHADO, R.A.F.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G.; RAMOS, B.M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.1, p.47-56, 2013.

SANTOS, D.L. **Técnica do secamento parcial do sistema radicular para o mamoeiro no semiárido**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/jspui/handle/123456789/2688>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SANTOS, M.R., DONATO, S.L.R., COELHO, E.F., ARANTES, A.M., COELHO FILHO, M.A. Irrigação lateralmente alternada em lima ácida 'Tahiti' na região norte de Minas Gerais. **Irriga**, v.1, p.71-88, 2016.

SILVA, A.C.; ROSADO, S.C.S.; CALEGARIO, N.; RODRIGUES, E.A.C.; OLIVEIRA, A.N.; VIEIRA, C.T. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.609-617, 2007.

SILVA, R.T.L.; OLIVEIRA NETO, C.F.; BARBOSA, R.R.N.; COSTA, R.C.L.; CONCEIÇÃO, H. E.O. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. **Nucleus**, v.9, n.2, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 6<sup>a</sup> ed. 2017, 888p.