



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tolerância de cinco genótipos de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa

Monografia apresentada e defendida como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Agrícola

Autor: Manuel José Manuel

Tutor: Prof. Dr. Custódio Ramos Paulo Tacaríndua (PhD)

Lionde, Junho de 2020



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que esta Monografia de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Supervisor Custódio R. P. Tacarindua

Prof. Dr. Custódio Ramos Paulo Tacarindua (PhD)

Avaliador (1) Aurélio Macaringue

Eng.º Aurélio Macaringue (MSc)

Avaliador (2) Daniel Matsinhe

Eng.º. Daniel Matsinhe (MSc)

Lionde, Junho de 2020

Manuel José Manuel

Manuel José Manuel



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia científica sobre tema Tolerância de cinco genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa, apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para o início das atividades de investigação no âmbito do Trabalho de Culminação do Curso em forma de Monografia em de Engenharia Agrícola.

Tutor: Prof. Dr. Custódio Ramos Paulo Tacaríndua (PhD)

Lionde, 2020

ÍNDICE

Conteúdo	Página
Índice de tabelas	IV
Índice de figuras	IV
Lista de símbolos e abreviaturas	V
DECLARAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
Dedicatória	VI
Agradecimentos.....	VII
Resumo.....	1
Abstract	2
I. INTRODUÇÃO	3
2.1. Problema do estudo e justificação.....	4
2.2. Objectivos	5
2.2.1. Geral	5
2.2.2. Específicos	5
2.3. Hipóteses do estudo.....	5
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Importância agrícola e nutricional do feijão nhemba	6
2.2. Escala de desenvolvimento fenológico do feijoeiro.....	6
2.3. O clima de Moçambique	7
2.3.1. Precipitação	7
2.4. Necessidades hídricas do feijão nhemba.....	8
2.5. Tolerância da cultura de feijão nhemba ao défice hídrico.....	9
2.6. Efeitos do défice hídrico na cultura de feijão nhemba	10
2.7. Importância do uso de caixas de madeira no melhoramento de plantas.....	11
III. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1. MATERIAIS	13
3.2. MÉTODOS	13
3.2.1. Caracterização geral da área de estudo.....	13
3.2.2. Material genético avaliado	13
3.2.3. Desenho experimental	14
3.2.4. Operações culturais	14

3.2.4.1.	Colecta de solos.....	14
3.2.4.2.	Sementeira, adubação, desbaste e controlo fitossanitário	14
3.2.4.3.	Processo de indução dos genótipos de feijão nhemba ao défice hídrico	15
3.2.4.4.	Variáveis medidas, procedimento e processamento de dados.....	15
3.2.5.	Análise estatística dos dados	18
3.2.5.1.	Análise do coeficiente de variação.....	19
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1.	Altura das plantas	20
4.2.	Número de folhas por planta	21
4.3.	Comprimento da folha unifoliar e trifoliar	21
4.4.	Largura da folha unifoliar e trifoliar.....	21
4.5.	Comprimento do sistema radicular (cm).....	22
4.6.	Murchidão das plantas.....	22
4.6.2.	Índice e escala de murcha foliar	22
4.7.	Capacidade de regeneração das plantas.....	25
4.8.	CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES.....	27
4.8.1.	Altura das plantas (AP) × Índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)	27
4.8.2.	Número de folhas por planta (NFPP) × índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)	27
4.8.3.	Comprimento da folha (CF) (cm) × índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)	28
4.8.4.	Largura da folha (IQMF) (cm) × índice quantitativo de murcha foliar (IQMF).....	28
5.	CONCLUSÃO	29
6.	RECOMENDAÇÕES	30
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	31
9.	ANEXOS.....	41
	Anexo I: Cálculo de adubação de fundo	42
	ANEXO II: MÉDIAS DAS VARIÁVEIS MORFOLOGICA E MURCHIDÃO DAS PLANTAS	43
	ANEXO III: NORMALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS, NORMALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS E HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS	43
	ANEXO IV: TESTE DE TUKEY PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS	47
	ANEXO V: CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES.....	47
	ANEXO VI: CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	49

Índice de tabelas

Tabela 1: Características fenológicas do feijoeiro	7
Tabela 2: Origem e características fenotípicas dos genótipos avaliados.....	14
Tabela 3: Análise de variância dos parâmetros morfológicos estudados.....	20
Tabela 4: Percentagem (%MF) e a escala qualitativa de murcha foliar (EQMF) em diferentes dias depois do déficit hídrico	22
Tabela 5: Índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a escala qualitativa de murcha foliar (EQMF) em diferentes dias depois do déficit hídrico	43
Tabela 6: Teste de Tukey para comparação das médias da taxa de regeneração das plantas.....	47
Tabela 7: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a altura da planta (AP).....	47
Tabela 8: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o número de folhas por planta (NFPP).....	48
Tabela 9: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o comprimento da folha unifoliar (CFU).....	48
Tabela 10: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o comprimento da folha trifoliar (CFT).....	48
Tabela 11: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a largura da folha unifoliar (LFU).....	48
Tabela 12: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a largura da folha trifoliar (LFT).....	48
Tabela 13: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o comprimento do sistema radicular (CSR)	49

Índice de figuras

Figura 1: Necessidades hídricas da cultura de feijão nhemba para diferentes zonas agro-ecológicas e regime térmico	9
Figura 2: Efeito do déficit hídrico na murchidão (IQMF e EQMF) de genótipos de feijão nhemba.....	24
Figura 3: Capacidade de regeneração de feijão nhemba submetido ao déficit hídrico.....	26
Figura 4: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para altura da planta (AP).....	43
Figura 5: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para número de folhas por planta (NFPP)	44
Figura 6: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para comprimento da folha unifoliar (CFU).....	44
Figura 7: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para comprimento da folha trifoliar (CFT).....	45
Figura 8: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para largura da folha unifoliar (LFU).....	45
Figura 9: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para largura da folha trifoliar (LFT).....	46
Figura 10: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para comprimento do sistema radicular (CSR).....	46
Figura 11: Normalidade de distribuição dos dados, homogeneidade das variâncias, normalidade de distribuição dos resíduos e box plot para taxa de regeneração das plantas (TGP).....	47
Figura 12: Layout do experimento	49
Figura 13: Sementeira e adubação de fundo com base de NPK 12-24-12	50
Figura 14: Desbaste.....	50

Figura 15: Plena fase fenológica V3 e registo da última rega.....	50
Figura 16: Genótipos de feijão nhemba aos 33 dias depois do défice hídrico (33DDE)	50
Figura 17: Mecanismo de tolerância do tipo 1 (A1, A2, D1 e D2) e do tipo 2 (B, C, E e F).....	51
Figura 18: Regeneração de genótipos de feijão nhemba depois de 33 dias de défice hídrico seguido por 14 dias de reestabelecimento de rega	51
Figura 19: Remoção das raízes e medição do comprimento do sistema radicular	52
Figura 20: Escala qualitativa de murcha foliar (Adaptado de Shi et al., 2018).....	53

Lista de símbolos e abreviaturas

%MF – Percentagem de murcha foliar
% RGP – Percentagem de regeneração das plantas
ANOVA – Análise de variância
AP – Altura da planta
Cm – Unidade de medida em centímetros
CFU – Comprimento da folha unifoliar
CFT – Comprimento da folha trifoliar
CRP – Capacidade ou taxa de regeneração das plantas
CSR – Comprimento do sistema radicular
DAFF - Department of Agriculture, Forestry and Fisheries
DCC – Delineamento completamente casualizado
DDE – Dias depois do estresse ou dias depois do défice hídrico
DDRR – Dias depois do re-estabelecimento da rega
EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
EQMF – Escala qualitativa de murcha foliar
FAO – Food and Agriculture Organization
IQMF – Índice quantitativo de murcha foliar
LFU – Largura da folha unifoliar
LFT – Largura da folha trifoliar
MP – Murchidão da planta
NFP – Número de folhas por planta
USAID - United States Agency for International Development

Dedicatória

Para os heróis da minha vida académica:

Aos meus pais, José Manuel e Antónia Francisco Magona, quem sempre fizeram de tudo para suportar a minha escolaridade.

Agradecimentos

Meu imensurável agradecimento a Deus, o Senhor Jesus Cristo pela Sua preciosa graça em minha indigna vida.

A minha Rocha na qual me firmo e meu Guia Espiritual

Aos meus pais, José Manuel e Antónia Francisco Magona pela ajuda financeira para a minha formação académica e implementação do presente estudo.

Ao meu tutor, Professor Doutor Custódio Ramos Paulo Tacarindua pelo seu suporte científico e técnico durante a pesquisa.

Aos meus irmãos e irmãs em Cristo Jesus do Tabernáculo Branham que está em Chókwè, pelas orações e ajudas de forma direta e/ou indireta a favor do cumprimento deste sonho.

Em especial ao pastor Lateiro Salvador de Souza.

Resumo

Feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é um dos alimentos leguminosos mais importante nas regiões secas das zonas tropicais e sub-tropicais onde o déficit hídrico é o maior constrangimento devido precipitações baixas e irregulares. Os genótipos Chiulele-5, Bambey21 x 499-13-2, IT98K-1105-5 e 41-18-9-2 podem ser potencialmente utilizados no desenvolvimento de variedades de feijão nhemba tolerante ao déficit hídrico. Entretanto, não se sabe o seu desempenho em condições de déficit hídrico. O presente estudo teve por objetivo avaliar a tolerância de cinco genótipos de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao déficit hídrico na fase de inicial da cultura em condições de estufa. O experimento foi conduzido num Delineamento Completamente Causalizado (DCC), com 3 repetições e 5 tratamentos (4 genótipos experimentais: Chiulele-5, IT98K-1105-5, Bambey21 x 499-13-2 e 41-18-9-2, e 1 testemunha: IT16). A sementeira foi feita na época fresca. As plântulas foram submetidas ao déficit hídrico aos 17 dias depois da emergência do genótipo mais tardio quando 50% das plantas do genótipo mais tardio atingiram a fase fenológica V3. As plantas foram submetidas ao déficit hídrico durante 33 dias. Foram medidos os seguintes parâmetros morfológico: altura da planta (AP), número de folhas por planta (NFPP), comprimento da folha unifoliar (CFU) e trifoliar (CFT), largura da folha unifoliar (LFU) e trifoliar (LFT), e parâmetros fisiológicos: murcha foliar (MF) - índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e escala qualitativa de murcha foliar (EQMF). A irrigação foi reestabelecida aos trinta e três (33) dias depois do déficit hídrico quando cerca de 90% das plântulas do genótipo mais susceptível estavam completamente murchas ou mortas. Depois dos 14 dias de reestabelecimento da rega a capacidade de regeneração das plântulas (CRP) e o comprimento do sistema radicular (CSR) foram registados. Não houve diferença significativa entre os genótipos em todos parâmetros morfológicos estudados com exceção a capacidade de regeneração dos genótipos. Dentre os genótipos estudados Bambey21 x 499-13-2 e 41-18-9-2 mostraram-se tolerante ao déficit hídrico na fase de inicial da cultura em condições de estufa.

Palavra-chave: Feijão nhemba, *Vigna unguiculata* (L.) Walps, tolerância, déficit hídrico.

Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is one of the most important food legumes in the drier regions of the tropics and sub-tropics where drought stress is a major production constraint due to low and erratic rainfall. The genotypes Chiulele-5, Bambey21 x 499-13-2, IT98K-1105-5 e 41-18-9-2 might be potentially used for develop cowpea drought tolerant varieties, however is not known its performance in drought stress conditions. The aim of this study was to evaluate drought tolerance of five cowpeas genotypes (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) at seedling stage under screen house condition. The experiment was laid out in a Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications and 5 treatments (4 experimental genotypes: Chiulele-5, IT98K-1105-5, Bambey21 x 499-13-2 and 41-18-9-2, and 1 witness: IT16). The sowing was made at winter season. The seedling was induced to drought stress at 17th day after the emergency of the latest genotypes when 50% of the plants of the latest genotype reached the V3 phonologic phase. The plants was drought induced during 33 days. Morphological parameters measured was: plant height (PH), number of leaves per plant (NLPP), terminal unifoliate leaflet length (TULL), terminal trifoliate leaflet length (TTLL), terminal unifoliate leaflet width (TULW), terminal trifoliate leaflet width (TTLW), and Physiologic parameters: leaf wilting (LW) - percentage of leaf wilting (PLW), quantitative index of leaf wilting (QILW) and qualitative scale of leaf wilting (QSLW). Thirty three (33) days after imposition of drought stress, then watering was established again when about 90% of seedlings of the most susceptible genotype has completely wilted or dead. Fourteen (14) days after re-watering, plant recovery capacity (PRC) and length root system (LRS) were recorded. There was not significant difference among the genotypes in all morphologic parameters studied with exception on regrowth plant. Among the studied genotypes, Bambey21 x 499-13-2 and 41-18-9-2 were shown tolerant to drought stress at seedling stage in greenhouse conditions.

Key-word: Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walps, tolerance, drought stress

I. INTRODUÇÃO

O feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das leguminosas mais produzida no mundo (Moura *et al.*, 2012 e RSA, 2017), e largamente produzida nas regiões quentes da África, Ásia tanto como a Norte e Sul da América (Iwuagwu *et al.*, 2017). O feijão nhemba e o amendoim foram identificadas como as leguminosas mais importantes em Moçambique (Martins, 2014), onde os grãos e as folhas da cultura tem sido maiores fontes de alimento para os homens e animais em famílias com poucos recursos (Badiane *et al.*, 2004, Chiulele, 2010 e Ngalamu *et al.*, 2014) e foi identificada como a quarta cultura mais importante em termos de produção, depois de milho, mandioca e amendoim (INE, 2009).

O feijão nhemba é uma cultura do verão (DAFF, 2011), normalmente produzido em condições de baixas precipitações (Ngalamu *et al.*, 2014), é bem adaptada nas regiões do semi-árido (DAFF, 2017 e Samson e Herzog 2007) com cerca de 400 – 700 mm de precipitação atmosférica anual (Ngalamu *et al.*, 2014 e DAFF, 2014). Na maior parte das áreas produtoras de feijão nhemba em Moçambique são caracterizadas por precipitações baixas e imprevisíveis (Martins, 2014). O rendimento médio do feijão nhemba em Moçambique durante cinco anos (2013 - 2017) foi de 0.24 toneladas/ha (FAO, 2019). O déficit hídrico tem sido identificado como sendo um dos principais fatores limitantes na produtividade das culturas, em especial na zona Sul de Moçambique (Martins, 2014).

Do ponto de vista agronómico, o déficit hídrico pode ser definido como todo o conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação (Taiz e Zeiger, 2006), enquanto que a tolerância hídrica pode ser definida como a capacidade da planta sobreviver, crescer, e produzir o suficiente quando submetido a deficiência hídrica ou a disponibilidade limitada de água no solo (Mitra, 2001 e Martins, 2014). Portanto, o estudo teve por objectivo avaliar a resposta dos genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa, visto que a tolerância do feijão nhemba na fase de inicial da cultura está correlacionada a tolerância nas outras fases de crescimento (Singh *et al.*, 1999).

2.1. Problema do estudo e justificação

A agricultura em Moçambique é essencialmente de sequeiro e dominada pelo sector familiar que utiliza métodos rudimentares para a produção de feijão nhemba e outras culturas (Jasse, 2013). Há registos que afirmam que o sector familiar era dominado pela agricultura de subsistência, a qual depende principalmente das chuvas e apenas 11% dos agricultores usam sistemas de irrigação (Sitoe, 2005), a zona Sul é uma região que apresenta distribuição irregular das chuvas no espaço e no tempo (Fato *et al.*, 2011 e Uele *et al.*, 2017).

Verifica-se redução do crescimento e rendimento do feijão nhemba devido ao déficit hídrico frequente e prolongado (Kramer e Boyer, 1995, Samson e Herzog, 2007 e Ajayi *et al.*, 2018). Diversos estudos têm sido levados a cabo no sentido de encontrar variedades que sejam tolerantes ao déficit hídrico (Chiulele, 2010, Alfredo, 2013, Americano, 2014, Martins *et al.*, 2014, Ajayi *et al.*, 2018, Alidu *et al.*, 2019). Em Moçambique no ano 2011 foram libertadas três variedades (IT16, IT1069 e IT1263) tolerantes ao déficit hídrico (Engoke *et al.*, 2015). Os genótipos Chiulele-5, Bambey21 x 499-13-2, IT98K-1105-5 e 41-18-9-2 podem ser potencialmente utilizados no desenvolvimento de variedades de feijão nhemba tolerantes ao déficit hídrico. Neste contexto, houve necessidade de se testar o seu desempenho em condições de déficit hídrico na fase de inicial da cultura. Singh *et al.*, (1999b) sustenta que a tolerância do feijão nhemba ao déficit hídrico na fase de inicial da cultura está correlacionada a tolerância nas outras fases de crescimento, mas isso pode ou não ser verdade para outras culturas. Portanto, os resultados obtidos neste estudo poderão ajudar no melhor entendimento do comportamento dos cinco genótipos de feijão nhemba quando submetidos ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa.

2.2. Objectivos

2.2.1. Geral

Avaliar a tolerância dos genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa

2.2.2. Específicos

- Analisar os parâmetros morfológicos (altura da planta, número de folhas por planta, comprimento e largura da folha) e da capacidade de regeneração das plantas e murchidão das plantas do feijão nhemba sob déficit hídrico;
- Correlacionar os parâmetros morfológicos e a murchidão das plantas submetidas em condições de déficit hídrico;
- Identificar genótipos de feijão nhemba tolerantes ao déficit hídrico na fase inicial das plantas em condições de estufa;

2.3. Hipóteses do estudo

Hipótese nula: os cinco genótipos da cultura de feijão nhemba expressarão comportamento idêntico quando submetidos ao déficit hídrico em condições de estufa.

Hipótese alternativa: os cinco genótipos da cultura de feijão nhemba divergirão no seu comportamento quando submetidos ao déficit hídrico nas condições de estufa.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância agrícola e nutricional do feijão nhemba

O feijão nhemba [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma leguminosa nativa da África com maior importância econômica (Langyintuo *et al.*, 2003). Apresenta baixo custo de produção (Moura *et al.*, 2012), têm boa capacidade de sustentar a fertilidade do solo através da sua excelente capacidade de fixação do Nitrogênio atmosférico (Pararajasingham e Knievel 1989, Ngalamu *et al.*, 2014 e Casas, 2017). Possui um extenso sistema radicular que ajuda no combate da erosão do solo. Os agricultores familiares nas partes semi-áridas da África são os principais produtores de feijão nhemba (Slabbert *et al.*, 2004).

O feijão nhemba é uma cultura Africana mais versátil, usada na alimentação humana e do gado (Agbicodo, 2009). Constitui a base da alimentação em muitos países subdesenvolvidos, particularmente em Moçambique (Victorino e Pinto-Sintra, 2014). Além do consumo da semente, todas as partes da planta (folhas frescas, vagens e grãos imaturos) são nutritivas e são usadas para alimento provendo proteína, carboidratos, vitaminas e minerais (Ngalamu *et al.*, 2014 e Saidi *et al.*, 2010b). O grão contém cerca de 20 – 25% de proteínas (Fatokun *et al.*, 2003, Uarrota 2010). Contém tiamina (vitamina B₁), riboflavina (vitamina B₂), e minerais tais zinco, potássio e outros elementos (Singh *et al.*, 1997).

2.2. Escala de desenvolvimento fenológico do feijoeiro

A escala de fenológica do feijão nhemba compreende duas grandes fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa é constituída pelos estágios V0, V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8 e V9 e a fase reprodutiva (R) por R1, R2, R3, R4 e R5 como se mostra na tabela que se segue.

No presente experimento os genótipos foram submetidos ao déficit hídrico na fase inicial da cultura (fase V3). A fase inicial da cultura, é a próxima fase depois da germinação, quando a planta desenvolve mais que folhas tradicionais. É uma fase muito crítica ao déficit hídrico em muitas regiões com baixas precipitações depois da data ótima de sementeira e com frequência de ocorrência do déficit hídrico (Sallam *et al.*, 2019).

Tabela 1: Características fenológicas do feijoeiro

Estágio	Descrição
V0	Sementeira
V1	Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo
V2	As folhas unifoliadas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente abertos
V3	A primeira folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos
V4	A segunda folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos
V5	A terceira folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos
V6	Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifoliadas, podendo também serem observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas
V7	A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta
V8	A segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta
V9	A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta
R1	Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal
R2	Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral
R3	Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início da mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas.
R4	Maturidade de 50% das vagens da planta
R5	Maturidade de 90% das vagens da planta

Campos *et al.*, 2000

2.3. O clima de Moçambique

Moçambique é predominado por clima tropical húmido, caracterizado por duas estações: seca (ou de inverno), que ocorre entre Abril a Setembro e chuvosa (ou de verão), ocorre entre Outubro a Março (MICOA 2007). As principais mudanças climáticas esperadas para o país são relacionadas a alterações na frequência, intensidade e previsibilidade das chuvas e temperatura do ar (Harrison *et al.*, 2011).

2.3.1. Precipitação

A precipitação média anual em Moçambique está entre 350 mm (em Páfuri na província de Gaza) e acima de 2000 mm (em Tacuane na província da Zambézia). As chuvas são mais intensas entre Dezembro a Fevereiro. Déficit hídrico é frequente na região central (Oeste da

província de Tete) e Sudoeste de Moçambique (Oeste da província de Gaza) (MICOA 2005 e 2007), com eventuais ocorrências nas províncias da região norte (MICOA 2007). A vulnerabilidade do déficit hídrico nestas regiões deve-se em parte às precipitações irregulares e imprevisíveis, e a estação chuvosa frequentemente não inicia conforme as previsões (MICOA 2005). Maior parte das principais áreas de produção de feijão nhemba são caracterizadas por precipitações baixas e imprevisíveis, e baixa fertilidade dos solos (Martins, 2014). A seleção de genótipos com tolerância ao déficit hídrico é essencial para a produção de alimentos no mundo, especialmente em regiões de clima árido ou com má distribuição das chuvas (Bastos *et al.*, 2011), a exemplo da zona Sul de Moçambique (Fato *et al.*, 2011 e Martins, 2014).

2.4. Necessidades hídricas do feijão nhemba

O feijão nhemba produz melhor sob condições de precipitação ao invés de irrigação (Ilunga, 2014). Uma vez estabelecida, é bastante tolerante ao déficit hídrico (DAFF, 2011 e Ngalamu *et al.*, 2014).

As necessidades hídricas do feijão nhemba variam de acordo com o seu estágio de desenvolvimento e condições climáticas. Na produção do feijão nhemba, o estágio mais sensível ao déficit hídrico está antes e durante a floração (Davis *et al.*, 1991, EMBRAPA, 2018), frutificação (Pejic *et al.*, 2013) e enchimento do grão (Cordeiro *et al.*, 1998).

GA figura 1, mostra as necessidades hídricas da cultura de feijão nhemba em diferentes estágios de crescimento para diferentes zonas agro-ecológicas e regime térmico (temperaturas média = 15 °C – 25 °C e as altas temperaturas ≥ 25 °C). O pico das necessidades hídricas no feijão nhemba é registado no estágio da floração. A cultura necessita de maior disponibilidade de água (8.87 – 9.98 mm/dia) no clima semi-árido com altas temperaturas em comparação aos demais tipos de climas como se apresenta na figura a seguir, contudo Samson e Herzog (2007) e DAFF (2017) sustentam que a cultura é adaptada nas regiões do semi-árido.

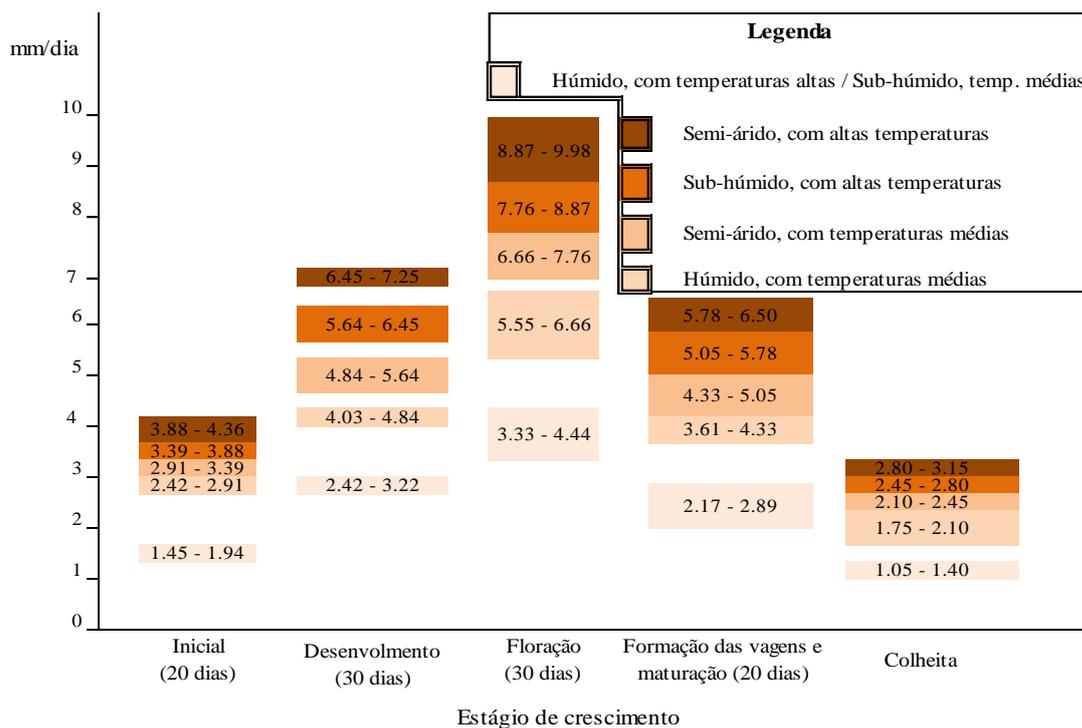


Figura 1: Necessidades hídricas da cultura de feijão nhemba para difentes zonas agro-ecologicas e regime térmico

Fonte: adaptado de Casas, 2017

2.5. Tolerância da cultura de feijão nhemba ao déficit hídrico

Diversos fatores e mecanismos operam de forma independente ou conjunta para que a planta sobreviva ao déficit hídrico. Por isso, tolerância ao déficit hídrico é manifestado como um mecanismo complexo (Agbicodo, 2009). Os mecanismos mais importantes incluem a arquitetura da raiz, morfologia da folha, características morfológicas tais como o ajuste osmótico, dias para a floração e outros relacionados com a biologia reprodutiva da planta (Ortiz *et al.*, 2002).

A cultura de feijão nhemba tem dois tipos de mecanismos de tolerância ao déficit hídrico, do tipo 1 e 2. Na tolerância do “tipo 1” as plantas cessam o crescimento mas preservam a humidade e mantém todas folhas (unifoliar e trifoliar), e produz pontas vivas (parte apical) por longo período de tempo, enquanto que na tolerância do “tipo 2” a planta mobiliza humidade das folhas inferior (de baixo) para a parte apical em crescimento resultando na morte das folhas inferiores mas as partes apicais permanecem vivas por muito tempo quando comparado com as plantas que apresentam o mecanismo do “tipo 1” (Mai-Kodomi *et al.*, 1999 e Ajayi *et al.*, 2018).

O fechamento estomático é reconhecido como a primeira linha de defesa do feijão nhemba sob condições de déficit hídrico (Kerbaui 2004, Taiz e Zeiger, 2006, Pungulani *et al.*, 2013 e Ajayi *et al.*, 2018). Quando o déficit hídrico aumenta, genótipos tolerantes ao déficit hídrico manifestam o ajuste osmótico através do acúmulo de osmólitos como a segunda linha de defesa (Jaleel *et al.*, 2009, Pungulani *et al.*, 2013, Singh e Reddy 2011). Estudos feitos por Jaleel *et al.*, (2009) e Singh e Reddy (2011) notaram que à medida que o estresse hídrico continua muitas das plântulas de murchidão precoce morrem enquanto que as de murchidão tardia sobrevivem através do fechamento estomático. Alguns genótipos (IT-16, IT98K-1105-5 e Bambay-21) usados neste estudo são de maturação precoce (Alfredo, 2013). O ajuste osmótico permite a planta manter o seu turgor, garantindo a sobrevivência da planta em situações de déficit hídrico prolongado e estimula a regeneração da planta quando irrigada depois do déficit hídrico severo (Ajayi *et al.*, 2018). A profundidade tanto como a expansão do sistema radicular tem sido identificadas como benéficas na sobrevivência das plantas em condições de déficit hídrico (Blum, 2005), por isso que em condições de déficit hídrico severo a planta de feijão nhemba penetra suas raízes no interior do solo de modo a obter humidade a partir das camadas profundas (Martins, 2014).

O déficit hídrico pode induzir mudanças nas hormonas das plantas, as quais acabam afetando o número de dias para a floração (Americano, 2014). Quando as plantas aceleram a floração o processo do enchimento de grãos ocorre antes que o estresse se torne muito severo (Xu *et al.*, 2005).

2.6. Efeitos do déficit hídrico na cultura de feijão nhemba

O feijão nhemba é reconhecido como tolerante ao déficit hídrico, porém muita variação ocorre dentro do genótipo (De Ronde e Spreeth, 2007). Variedades de maturação precoce escapam ao déficit hídrico terminal (Hall, 2004 e Agbicodo, 2009), porém tem sido muito susceptíveis ao déficit hídrico que ocorre no começo do estágio reprodutivo (Ajayi *et al.*, 2018), e apresentam um pobre desempenho agronómico quando submetido ao déficit hídrico intermitente durante o estágio de crescimento vegetativo (Agbicodo, 2009). O efeito do déficit hídrico no rendimento do feijão nhemba depende do genótipo, intensidade e duração do estresse, e o estágio de crescimento (Pejic *et al.*, 2013 e EMBRAPA, 2018). O déficit hídrico

afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas (Bergonci *et al.* 2000).

Défice hídrico na floração e enchimento de grão teve impacto negativo no rendimento do grão, reduziu o desenvolvimento da floração, inviabilizou a polinização, reduziu o número de vagens por planta, inviabilizou o enchimento do grão e reduziu o rendimento do grão (Mwale *et al.*, 2017).

O déficit hídrico no feijão nhemba causou reduções na área foliar, diminui a fotossíntese e afetou vários outros processos, tais como brotações, absorção de nutrientes e translocação de fotoassimilados (Bergonci *et al.* 2000) e reduziu toda biomassa da planta (folha, caule e biomassa total) (Martins, 2014) em condições de estufa. Reduziu significativamente o número de folhas, tamanho e biomassa dos nódulos, assim como a capacidade de fixação de nitrogénio pela planta (Serraj *et al.*, 1999).

Défice hídrico afetou a habilidade fotossintética da planta pela mudança do teor e componentes da clorofila, e reduziu a captura do CO₂ pelas folhas e como consequência decresceu as atividades das enzimas no ciclo de Calvin (Alidu *et al.*, 2019). E houve redução significativa do conteúdo de clorofila quando aplicado no estágio vegetativo (Mwale *et al.* 2017). A ocorrência do déficit hídrico no feijão nhemba durante o enchimento do grão registou perdas estimadas em 50% do rendimento do grão (Americano, 2014). Déficit hídrico nas fases de florescimento e enchimento de grãos provocou severas reduções na produtividade de grãos (Cordeiro *et al.*, 1998). Estudos feitos por Abayomi e Abidoeye (2009) registaram reduções no rendimento do grão provocado pelo déficit hídrico severo em cerca de 63% no genótipo IT99K-1060 e 98.4% para IT00K-901-5. Sob déficit hídrico moderado a redução estava na faixa de 42.6% no IT99K-1060 e 65.8% para IT98K-491-4, enquanto que sob déficit hídrico suave reduziu cerca de 9.5% em IT97K-356-1 e 47.2% em IT98K-491-1.

2.7. Importância do uso de caixas de madeira no melhoramento de plantas

O uso de caixas de madeira tem sido identificado como uma técnica mais apropriada e rápida no melhoramento de plantas para tolerância ao déficit hídrico na fase inicial da cultura (Singh *et al.*, 1999a, Singh *et al.*, 1999b, Pungulani *et al.*, 2013 e Alidu *et al.*, 2019). Pode ser usado para selecionar populações segregantes para a tolerância ao déficit hídrico. Esta técnica é,

portanto, simples e não destrutivo para plantas tolerantes ao déficit hídrico (Mai-Kodomi *et al.*, 1999).

Nos experimentos realizados por Singh *et al.*, (1999a) houve similaridades dos resultados de três ambientes distintos, a saber: em caixas de madeira e vasos (ambos em condições de estufa) e em condições de campo. Caixas de madeiras foram identificadas como mais prático por ser de fácil manuseio, e é um ambiente possível de controlar e possibilita alocar muitos genótipos/planta. Este método foi usado por Mai-Kodomi *et al.*, (1999) para descrever mecanismos de tolerância do tipo 1 e 2 na cultura de feijão nhemba na fase inicial da cultura.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

Para a implementação do presente estudo foram necessários os seguintes materiais:

Insumos: cinco (5) genótipos de feijão nhemba (Chiulele-5, IT16, IT98K-1105-5, Bambey21 x 499-13-2 e 41-18-9-2), insecticida (BULLDOCK Beta 12.5% SC) e adubo NPK (formulação 12-24-12).

Materiais: três (3) caixas de madeira (comprimento: 1.30 m, largura: 0.65 m e profundidade: 0.15 m), quinze etiquetas, lápis, esferográfica, dois (2) blocos de notas, tabelas para colecta de dados, um regador de 13 litros, pulverizador dorsal de 16 litros, régua metálica de 0.50 m, carinha de mão, enxadas e pá.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Caracterização geral da área de estudo

O estudo foi realizado na província de Gaza, distrito de Chókwè, na estufa do Instituto Superior Politécnico de Gaza, em caixas de madeira.

O distrito de Chókwè situa-se a Sul da província de Gaza, no curso do rio Limpopo. Dominado pelo clima tropical seco, onde a precipitação varia de 500 a 800 mm e a evaporação potencial de referência (ET_o) é da ordem dos 1 400 a 1 500 mm. A temperatura média anual é de 24 °C e a humidade relativa média anual está entre 60 a 65% (MAE, 2014).

3.2.2. Material genético avaliado

O material genético avaliado foi constituído por 5 genótipos de feijão nhemba (4 experimentais: Chiulele-5, IT98K-1105-5, Bambey21 x 499-13-2 e 41-18-9-2, e 1 testemunha: IT16). A variedade IT16 é reconhecida em termos de tolerância ao déficit hídrico em condições agro-ecológicas de Moçambique (Engoke *et al.*, 2015).

Tabela 2: Origem e características fenotípicas dos genótipos avaliados

Genótipo	Origem	Características fenotípicas
¹ IT-16	Moçambique	Semente média, castanha, erecta, determinada e precoce
¹ IT98K-1105-5	IITA	Semente média, castanha, erecta, determinada e testa lisa
¹ Bambay-21	Senegal	Semente média, branca, erecta e determinada
Chiulele-5	-----	-----
41-18-9-2	-----	-----

Nota: Todos os genótipos são melhorados e apresentam maturação precoce à média

Legenda: IITA - Instituto Internacional de Agricultura Tropical

Fonte: ¹Alfredo, 2013

3.2.3. Desenho experimental

O experimento foi realizado num delineamento completamente casualizado, com 5 genótipos como tratamentos (4 genótipos experimentais e 1 testemunha). A área de cada talhão foi de 0.024 m² e a área útil de recolha de dados foi de 0.384 m² por cada repetição. Cada talhão foi constituído por uma linha e o tamanho do talhão foi de 0.48 m de comprimento, separadas no compasso de 0.20 m entre linhas e 0.12 m entre covachos de sementeira. Isto resultou em 5 plantas de cada genótipo em cada talhão (Anexo V, Figura 12).

3.2.4. Operações culturais

3.2.4.1. Colecta de solos

A colecta do solo foi realizada no campo experimental do Instituto Superior Politécnico de Gaza através do método zig-zag. O campo experimental é dominado por solos de textura argila-siltosa (Sibanda, 2018). Foram colectadas 9 amostras de solos gradados há mais de 30 dias antes da colecta e as amostras foram misturadas com objectivo de garantir a homogeneidade do solo e da sua distribuição nas três (3) caixas de madeira. As caixas de madeira foram enchidas por uma camada de 0.12 metros de solos desde a base.

3.2.4.2. Sementeira, adubação, desbaste e controlo fitossanitário

A sementeira foi feita no inverno (dia 30 de Junho de 2019), numa profundidade de 3 cm, 3 sementes/covacho de sementeira (Anexo V, Figura 13). Somente foi feita adubação de fundo no dia da sementeira numa quantidade de 166.67 Kg/ha de NPK na formulação 12:24:12,

correspondente a 0.0013 Kg de N, 0.0034 de P₂O₅ e 0.0060 Kg de K₂O em cada caixa de madeira (0.845 m²) (Anexos VII, Figura 13). O desbaste foi feito aos 12 dias depois da sementeira com objectivo de deixar uma planta por covacho (Anexo V, Figura 14). Aplicou-se o insecticida BULLDOCK Beta 12.5% SC com objectivo de combater formigas.

3.2.4.3. Processo de indução dos genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico

Para se alcançar o objectivo de induzir cinco genótipos da cultura de feijão nhemba ao déficit hídrico na fase inicial da cultura, a primeira rega foi feita no dia da sementeira e as subsequentes foram feitas no intervalo de 2 e 3 dias com cerca de 4.33 litros por cada caixa de madeira (repetição). A irrigação foi interrompida quando 50% das plantas dos genótipos (41-18-9-2 e Chioulele-5: últimos a atingir fase v3) estavam na plena fase fenológica V3 (primeira folha trifoliada completamente desenvolvida), a qual se registou aos 20 dias depois da emergência (Anexo V, Figura 15). A irrigação foi reestabelecida aos 33 dias depois do déficit hídrico, durante 14 dias. A irrigação foi reestabelecida quando 90% das plantas do genótipo mais susceptível estavam completamente murchas e/ou mortas (classificação 5 na escala qualitativa de murcha foliar proposta por Mai-Kodomi *et al.*, (1999)) (Anexo V, Figura 20).

3.2.4.4. Variáveis medidas, procedimento e processamento de dados

Durante o estudo foram registadas as seguintes variáveis: altura da planta, número de folhas por planta, comprimento da folha unifoliar e trifoliar, largura da folha unifoliar e trifoliar, comprimento do sistema radicular, murchidão das plantas (índice quantitativo de murcha foliar e escala qualitativa de murcha foliar) e a capacidade de regeneração das plantas.

Aos 1, 7, 14 e 21 dias depois do déficit hídrico registou-se as seguintes variáveis: altura da planta, comprimento da folha unifoliar e trifoliar, largura da folha unifoliar e trifoliar, número de folhas por planta, número de folhas com sinal de murchidão, índice quantitativo de murcha foliar e escala qualitativa de murcha foliar. Aos 28 e 33 dias depois do déficit hídrico registou-se apenas a altura da planta, número de folhas por planta, número de folhas com sinal de murchidão, índice quantitativo de murcha foliar e escala qualitativa de murcha foliar. E aos 14 dias depois do reestabelecimento da rega registou-se a capacidade de regeneração das plantas e o comprimento do sistema radicular.

A murchidão das plantas (índice quantitativo de murcha foliar em função da escala qualitativa de murcha foliar) e a regeneração das plantas depois do déficit hídrico serviram de indicadores para se agrupar os genótipos de feijão nhemba como tolerantes e susceptíveis ao déficit hídrico. Os parâmetros morfológicos (altura da planta, número de folhas por planta, comprimento da folha, largura da folha e o comprimento do sistema radicular) foram registados com objectivo de caracterizar a resposta morfológica de cada genótipo ao déficit hídrico.

A murchidão das plantas e os parâmetros morfológicos foram registados em todas as plantas de cada genótipo e os dados foram processados com base em dados obtidos em cada planta que constituiu cada talhão. Isso porque do universo das 15 plantas que constituiriam cada genótipo em todo o experimento houve falha na emergência de uma planta para Chiulele-5, 41-18-9-2 e IT98K-1105-5, e três plantas para Bambey21 x 499-13-2. Isso foi causado pela baixa qualidade e baixo poder germinativo das sementes.

Altura da planta: foi registado com objetivo de se avaliar o crescimento em altura em cada genótipo. Foi medido a partir do nível do solo até ao nó de inserção da última folha trifoliar. A altura média das plantas de cada genótipo foi determinada semanalmente através da média das alturas das plantas registada em cada talhão.

Número de folhas por planta: foi obtido através da média do número de folhas por planta de cada genótipo em cada talhão.

Comprimento da folha unifoliar e trifoliar: foi medido com ajuda da régua. O comprimento da folha unifoliar foi medido em uma das folhas unifoliar escolhida de forma aleatória enquanto que o comprimento da folha trifoliar foi medido na folha central da folha trifoliar mais adulta.

Largura da folha unifoliar e trifoliar: foi medido com ajuda da régua. A largura da folha unifoliar foi medida numa das folhas unifoliar escolhida de forma aleatória enquanto que a largura da folha trifoliar foi medida na folha central da folha trifoliar mais adulta.

Comprimento do sistema radicular: tirou-se todas as plantas pelas raízes e remove-se o solo remanescente nas raízes através de água corrente (Anexo V, Figura 19) e secou-se as raízes em condições de estufa (casa de vegetação) por cerca de 10 minutos. Mediu-se o

comprimento do sistema radicular com ajuda da régua. O comprimento do sistema radicular de cada genótipo foi obtido através da média das médias do comprimento do sistema radicular do genótipo em cada talhão.

Murchidão das plantas

Porcentagem de murcha foliar: resultou da divisão do número de folhas com sinal de murchidão por talhão pelo número total de folhas por talhão e o resultado multiplicado por 100%, como se mostra na fórmula abaixo:

$$\%MF = \frac{\text{Número de folhas com sinal de murchidão por talhão}}{\text{Número total de folhas por talhão}} * 100\% \quad \text{Equação 3.1}$$

Índice quantitativo de murcha foliar: resultou do quociente entre o número total de folhas com sinal de murchidão por planta de um dado talhão e o número total de folhas da mesma planta, como se mostra na equação abaixo (Adaptado de Pungulani *et al.*, 2013). E calculou-se a média semanal através das médias de cada talhão:

$$IQMF = \frac{\text{Número de folhas com sinal de murchidão por planta}}{\text{Número total de folhas por planta}} \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde: IQMF é o índice quantitativo de murcha foliar que varia de 0 a 1.

Escala qualitativa de murcha foliar: registada através da escala que é mostrada através da imagem no anexo VII na Figura 20, que é a mesma escala que varia de 1 a 5 proposta por Mai-Kodomi *et al.*, (1999) que se mostra a seguir:

1. Plantas normais com folhas túrgidas;
2. Plantas com folhas flácidas verdes pálidas com ligeira murcha;
3. Plantas com folhas de cor verde amarelada com moderada murcha;
4. Plantas com folhas amareladas a castanha com murcha severa;
5. Todas as folhas com cor marrom e caule completamente seco (planta morta);

Capacidade de regeneração das plantas: obtido através da divisão do número total das plantas que sobreviveram depois do estresse hídrico pelo número total das plantas que emergiram e o resultado multiplicado por 100%, como mostra a fórmula de Fatokun *et al.*, (2012) abaixo:

$$CRP = \frac{\text{Número de plântulas que sobreviveram}}{\text{Número total de plântulas emergidas}} * 100\% \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde: CRP é a capacidade de regeneração das plantas de um dado genótipo.

Identificação de genótipos de feijão nhemba tolerantes e susceptíveis ao déficit hídrico: foi feita com base nos parâmetros propostos por Pungulani *et al.*, (2013) – murcha foliar (índice quantitativo de murcha foliar em função da escala qualitativa de murcha foliar) e a capacidade de regeneração das plantas.

Singh *et al.*, (1999a) nos seus estudos de métodos simples para tolerância ao déficit hídrico na cultura de feijão realizado em vasos e em caixas de madeira em condições de estufa identificou genótipos de feijão nhemba tolerantes e susceptíveis com base nos dias para murcha das plantas e a capacidade de regeneração das plantas.

3.2.5. Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados através do Microsoft Office Excel 2013, pacote estatístico Minitab versão 18 e Statistic versão 9. Todas análises foram feitas a 5% de nível de significância com intervalo de confiança de 95%.

Para a análise estatística dos tratamentos foi usado o modelo matemático seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde: Y_{ij} é o valor da variável avaliada (murcha foliar), do i -ésimo tratamento ($i=1, 2, \dots, I$), na j -ésima repetição ($j=1, 2, \dots, J$); μ é a constante inerente a todas as observações (media geral); t_j é o efeito proporcionado pelo tratamento i (desvio em relação a m , decorrente da ação do tratamento); e ε_{ij} é o efeito aleatório (erro) na unidade experimental observada.

Para análise estatística das variáveis morfológica foi usado o modelo matemático de regressão simples abaixo:

$$Y_i = b_0 + b_1 * x_i + \varepsilon_i \quad \text{Equação 3.5}$$

Onde: Y_i é a i -ésima observação da variável dependente, b_0 é um intercepto, b_1 é o coeficiente de inclinação, x_i é a i -ésima observação da variável independente e ε_i é um resíduo para a i -ésima observação.

3.2.5.1. Análise do coeficiente de variação

Com base na classificação dos valores de coeficiente de variação (CV) proposta por Carneiro *et al.*, (2010) e Garcia, (1989) pode-se afirmar que houve:

- Média precisão para: altura da planta (17.30), número de folhas por planta (15.33), comprimento da folha unifoliar (15.36), comprimento da folha trifoliar (14.61) e largura da folha unifoliar (13.51);
- Baixa precisão para: largura da folha trifoliar (22.36);
- Muito baixa precisão para: comprimento do sistema radicular (33.18) e taxa ou capacidade de regeneração das plantas (42.59).

Gomes (1991) defende que o número de repetições influencia nos valores de coeficiente de variação, sobretudo pelo fato de que, mesmo havendo um experimento com coeficiente de variação maior em relação a outro, que, porém apresenta menor número de repetições, aquele com maior coeficiente de variação seria considerado mais preciso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao nível de probabilidade de 5% e intervalo de confiança de 95% os resultados da análise de variância (ANOVA) mostraram ausência de diferença significativa entre os genótipos em todas as variáveis morfológicas (altura da planta, número de folhas por planta, comprimento de folhas unifoliar, comprimento da folha trifoliar, largura da folha unifoliar, largura da folha trifoliar, comprimento do sistema radicular) e houve diferença significativa na capacidade de regeneração dos genótipos. A tabela 3 mostra um resumo da análise de variância.

Tabela 3: Análise de variância dos parâmetros morfológicos estudados

Parametro	AP			NFPP			CFU			CFT			LFU			LFT			CSR			TRP		
	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total	Trat	Error	Total
DF	4	10	14	4	10	14	4	10	14	4	10	14	4	10	14	4	10	14	4	10	14	4	10	14
Adj SS	4.473	25.065	29.538	428.6	784.6	1213.3	1.809	7.085	8.895	5.211	10.444	15.655	0.440	2.440	2.881	1.056	4.909	5.965	13.040	126.35	139.39	10507	2483	12990
Adj MS	1.118	2.506		107.16	78.46		0.4523	0.7085		1.303	1.044		0.110	0.244		0.264	0.491		3.259	12.635		2627	248.3	
F-Value	0.45			1.37			0.64			1.25			0.54			0.54			0.26			10.58		
P-Value	0.773			0.308			0.647			0.352			0.77			0.712			0.898			0.001		
CV	17.3			15.33			15.36			14.61			13.51			22.36			33.18			42.59		

Legenda 1: AP (altura das plantas), NFPP (número de folhas por planta), CFU (comprimento da folha unifoliar), CFT (comprimento da folha trifoliar), LFU (largura da folha unifoliar), LFT (largura da folha trifoliar), CSR (comprimento do sistema radicular) e TRP (taxa de regeneração das plantas).

4.1. Altura das plantas

Pode-se afirmar que os 5 genótipos estudados não apresentam diferença significativa na altura da planta quando submetidos ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa. Resultados similares foram obtidos por Americano (2014) no experimento realizado em condições de estufa

usando alguns genótipos (IT98K-1105-5 e Bambey21 x 499-13-2) usados no presente estudo. Outros resultados idênticos foram obtidos por Abayomi e Abidoeye (2009), Onuh e Donald (2009), Americano (2014) e Ajayi *et al.*, (2018) em experimentos realizados nas condições de estufa com diferentes genótipos de feijão nhemba e em experimentos realizados por Gonçalves (2013) com feijão vulgar. Do mesmo modo Wijewardana *et al.*, (2019) tiveram os mesmos resultados em condições de estufa com a cultura de soja.

Resultados contrários foram obtidos por Onwugbuta-Enyi (2004) em estudos com o feijão nhemba em condições de estresse hídrico por excesso e por deficiência. Grande diferença significativa foi encontrada por Sabiel *et al.*, (2014) na altura das plantas de milho submetido ao déficit hídrico em diferentes estágios da cultura em diferentes ambientes e Kasele *et al.*, (1994) verificou diferença significativa na altura das plantas de milho submetido ao déficit hídrico em condições de campo.

Resultados contrários foram obtidos nos estudos feitos por Abdou *et al.*, (2013) e Ajayi *et al.*, (2018) em condições de estufa com a cultura de feijão nhemba e por Rahimi *et al.*, (2016) com a cultura de lentilha.

4.2. Número de folhas por planta

Com base nos resultados da análise de variância pode-se afirmar que os genótipos estudados quando submetidos ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa não apresentam diferença significativa no número de folhas por planta. Resultados similares foram obtidos por Americano (2014). Resultados contrários foram obtidos por Ajayi *et al.*, (2018) em estudos realizados com feijão nhemba em condições de estufa.

4.3. Comprimento da folha unifoliar e trifoliar

Não houve diferença significativa no comprimento da folha unifoliar e trifoliar. Resultados contrários foram registrados Ajayi *et al.*, (2018) nos estudos de déficit hídrico no feijão nhemba na fase inicial da cultura em condições de estufa, tanto como Rahimi *et al.*, (2016) não registou diferença significativa nos estudos de déficit hídrico com a cultura de lentilha.

4.4. Largura da folha unifoliar e trifoliar

Não houve diferença estatisticamente significativa na largura da folha unifoliar e trifoliar. Resultados idênticos foram obtidos por Ajayi *et al.*, (2018) em feijão nhemba submetido ao

déficit hídrico em condições de estufa. Resultados contrários foram registrados por Rahimi *et al.*, (2016) nos seus estudos de déficit hídrico com a cultura de lentilha.

4.5. Comprimento do sistema radicular (cm)

Não houve diferença significativa no comprimento do sistema radicular entre os genótipos. Resultados similares foram registrados por Saidi *et al.*, (2010a) nos estudos da resposta do desenvolvimento do sistema radicular na fase inicial do trigo submetido ao déficit hídrico moderado.

4.6. Murchidão das plantas

A murchidão das plantas foi identificada com base no índice quantitativo de murcha foliar proposta por Pungulani *et al.*, (2013) em função da escala qualitativa de murcha foliar proposta por Singh *et al.*, (1999a). Na tabela abaixo a escala qualitativa de murcha foliar identifica a qualidade das folhas de diferentes genótipos de feijão nhemba em diferentes dias depois do déficit hídrico em função da percentagem de murcha foliar para cada escala.

Tabela 4: Percentagem (%MF) e a escala qualitativa de murcha foliar (EQMF) em diferentes dias depois do déficit hídrico

Parâmetro	Tratamento				
	Chiulele-5	IT16	IT98K-1105-5	Bambey21 x 499-13-2	41-18-9-2
%MF7	6	4	6	3	3
EQMF7	1	1	1	1	1
%MF14	17	11	13	8	16
EQMF14	1	1	1	1	1
%MF21	28	51	63	55	85
EQMF21	1	2	3	3	3
%MF28	27	27	30	36	28
EQMF28	4	4	4	3	4
%MF33	92	85	89	74	82
EQMF33	4	4	4	4	4

Legenda: %MF: percentagem de murcha foliar, EQMF - Escala qualitativa de murcha foliar (varia de 1 - 5) e EQMF14DDR – EQMF aos 14 dias depois do reestabelecimento da rega.

4.6.2. Índice e escala de murcha foliar

Todos genótipos mostraram sinais de murchidão na primeira semana do déficit hídrico e todos genótipos estavam na escala qualitativa 1 de murcha foliar porém divergindo no índice quantitativo de murcha foliar. Resultados idênticos foram obtidos por Singh *et al.*, (1999a),

Agbicodo 2009, Ajayi *et al.*, 2018, Americano, 2014, Mai-Kodomi *et al.*, 1999, Muchero *et al.*, (2008), Pungulani *et al.*, (2013), Mwale *et al.*, 2017, Nkoana, (2019). Na primeira semana do déficit hídrico (7 DDE) o genótipo Chiulele-5 e IT98K-1105-5 tiveram um índice quantitativo de murcha foliar mais alto (0.06) enquanto que 41-18-9-2 e Bambey21 x 499-13-2 tiveram índices quantitativo mais baixo (0.03). Isso mostra que no processo de avaliação, os genótipos susceptíveis podem ser facilmente identificados dentro da primeira semana de estresse hídrico. Resultados idênticos foram registados por Singh *et al.*, (1999a) e Pungulani *et al.*, (2013).

Por sua vez Pungulani *et al.*, (2013) descobriram que as características fisiológicas e morfológicas promotoras de perda de água pelos tecidos da folha podem ser um factor chave responsável na murchidão precoce dos genótipos que apresentam murchidão dentro da primeira semana do déficit hídrico.

O índice de murcha foliar foi usado várias vezes para identificar genótipos de feijão nhemba tolerante ao déficit hídrico em condições de estufa (Ajayi *et al.*, 2018, Alidu *et al.*, 2019, Nkoana, 2019, Pele *et al.*, 2016 e Pungulani *et al.*, (2013). Por sua vez Pungulani *et al.*, (2013) padronizaram que índice de murchidão foliar de <0.6 é um óptimo nível para identificar genótipo de feijão nhemba tolerante ao déficit hídrico depois de quatro semanas de estresse.

A figura abaixo mostra o efeito que o déficit hídrico teve na murcha foliar dos genótipos (índice quantitativo de murcha foliar e escala qualitativa de murcha foliar). A escala qualitativa de murcha foliar simplesmente mostra a qualidade das folhas depois de um dado período de déficit hídrico enquanto que o índice quantitativo quantifica a murcha foliar. Aos 33 dias depois do déficit hídrico o valor mais baixo (0.74) do índice quantitativo de murcha foliar foi registado em Bambey21 x 499-13-2 enquanto que o mais alto (0.92) foi registado em Chiulele-5 e todos genótipos estudados estavam em média na escala qualitativa de murcha foliar 4. Mesmo com 14 dias de reestabelecimento da irrigação o genótipo IT-16 e Chiulele-5 continuaram murchando até atingir respectivamente 0.88 e 0.89 de índice quantitativo de murcha foliar e ambos estavam na escala qualitativa de murcha foliar 5 como se mostra na figura 3. A figura abaixo apresenta o efeito que o déficit hídrico teve no índice quantitativo de murcha foliar em função da escala qualitativa de murcha foliar em diferentes dias depois do déficit hídrico em cinco genótipos de feijão nhemba.

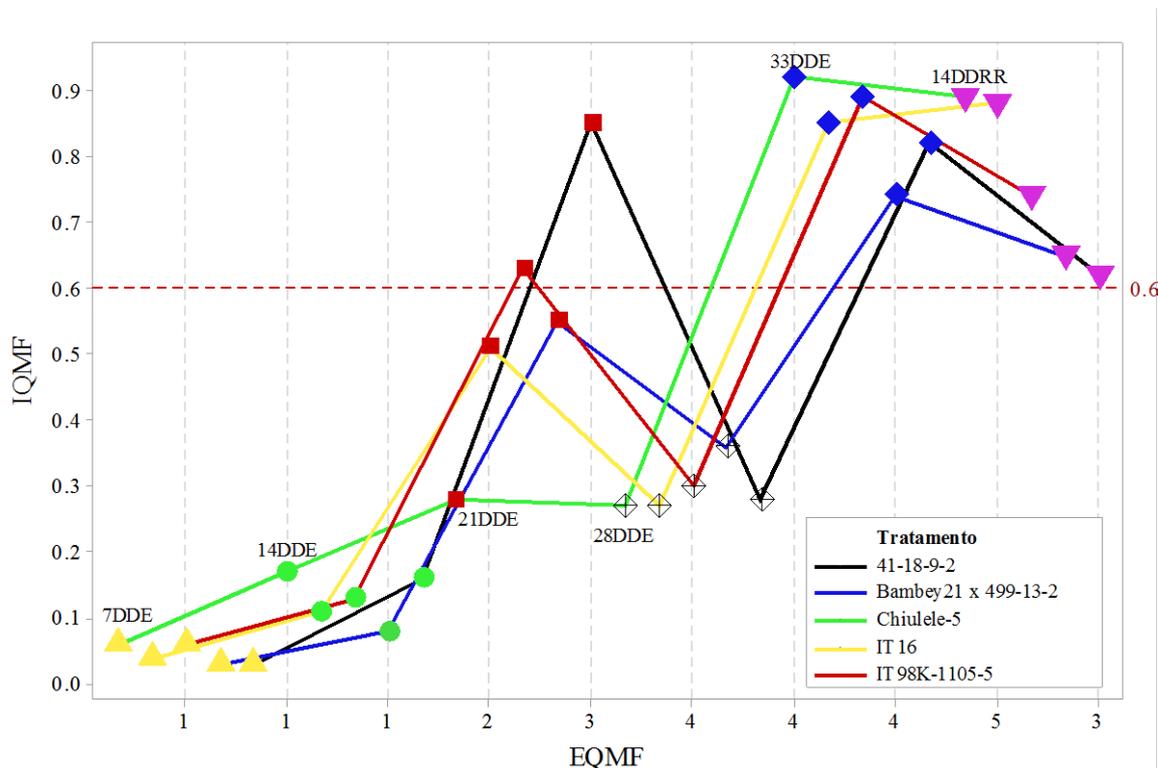


Figura 2: Efeito do déficit hídrico na murchidão (IQMF e EQMF) de genótipos de feijão nhemba
Legenda: ▲, ●, ■, ◇, ◆, e ▼ : representa respectivamente 7, 14, 21, 28 e 33 dias depois do déficit hídrico, e 14 DDRR representa 14 dias depois de reestabelecimento da rega; IQMF – índice quantitativo de murcha foliar; EQMF – Escala qualitativa de murcha foliar

Resultados contrários foram obtidos por Americano (2014) nos estudos da tolerância de 24 genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico. A autora ordenou os 24 genótipos estudados com base na escala qualitativa de murcha foliar proposta por Singh *et al.*, (1999a) de melhor a pior, dos quais inclui três dos cinco genótipos usados neste estudo. Para a autora, o genótipo IT-98K-1105-5 foi mais tolerante, seguido de BAMBEY-21 e por fim IT-16. Infelizmente dos 24 genótipos usados, os genótipos IT-98K-1105-5, BAMBEY-21 e IT-16 não foram apurados como tolerantes ao déficit hídrico em condições de estufa.

Trabalhos desenvolvidos por Singh *et al.*, (1999a) identificaram outros genótipos tolerantes e susceptíveis baseando-se nos dias necessários para a murcha permanente e na percentagem de regeneração das plantas. Com base nisto, as linhas de feijão-nhemba IT9OK-59-2, Kanannnado, Dan Iia, TVu 11979 e TVu 11986 mostraram-se tolerantes, e as linhas TVu 7778 e TVu 8256 mostraram-se susceptíveis.

4.7. Capacidade de regeneração das plantas

A regeneração da planta depois do déficit hídrico é um processo que envolve o rearranjo de muitos processos metabólico para consertar os danos do déficit hídrico e recomeçar o crescimento da planta (Mwale *et al.*, 2017).

Aos 14 dias depois do reestabelecimento da rega (14 DDRR) a capacidade de regeneração das plantas foi registada e os genótipos foram agrupados em três categorias, seguintes:

1. Representa genótipos sem ocorrência da regeneração: nenhum genótipo;
3. Representa genótipos com regeneração a partir dos botões axilar: composto por Chiulele-5, IT16 e IT98K-1105-5;
1. Representa genótipos com regeneração a partir do meristema apical: composto por Bambey21 x 499-13-2;

O genótipo 41-18-9-2 apresentou características da categoria 3 e 5 respectivamente (Anexo VII, Figura 18).

Houve diferença significativa (P-Value: 0.001) na taxa de regeneração das plantas e houve variabilidade na regeneração dos genótipos submetidos ao déficit hídrico na fase inicial do feijão nhemba. Resultados idênticos foram obtidos por Ajayi *et al.*, (2018), Mwale *et al.*, (2017) e Shi *et al.*, (2018) em experimentos realizados com feijão nhemba em condições de estufa. A mais alta percentagem de regeneração das plantas foi registado no genótipo Bambey21 x 499-13-2 e a mais baixa foi registada em IT98K-1105-5. A figura abaixo mostra que aos 33 dias depois do déficit hídrico até aos 14 dias depois do reestabelecimento da rega o genótipo Bambey21 x 499-13-2 manteve a sua escala qualitativa de murcha foliar 4 isso indica que manteve qualidade das folhas, enquanto que IT98K-1105-5 piorou a sua qualidade apresentando plantas mortas (todas folhas com cor marrom e caule completamente seco) e isso se identifica com a escala qualitativa 5.

De acordo com Singh *et al.*, (1999b) genótipos com taxa de regeneração próximo de 30 e 50%, e que tenham regenerados a partir de botões axilares e meristema apical respetivamente mostram-se ser tolerantes ao déficit hídrico. Isso se evidencia ao comportamento apresentado pelos genótipos Bambey21 x 499-13-2, 41-18-9-2 e Chiulele-5, porém o Chiulele-5 não teve um ótimo índice quantitativo de murcha foliar no último dia déficit hídrico (33 DDE).

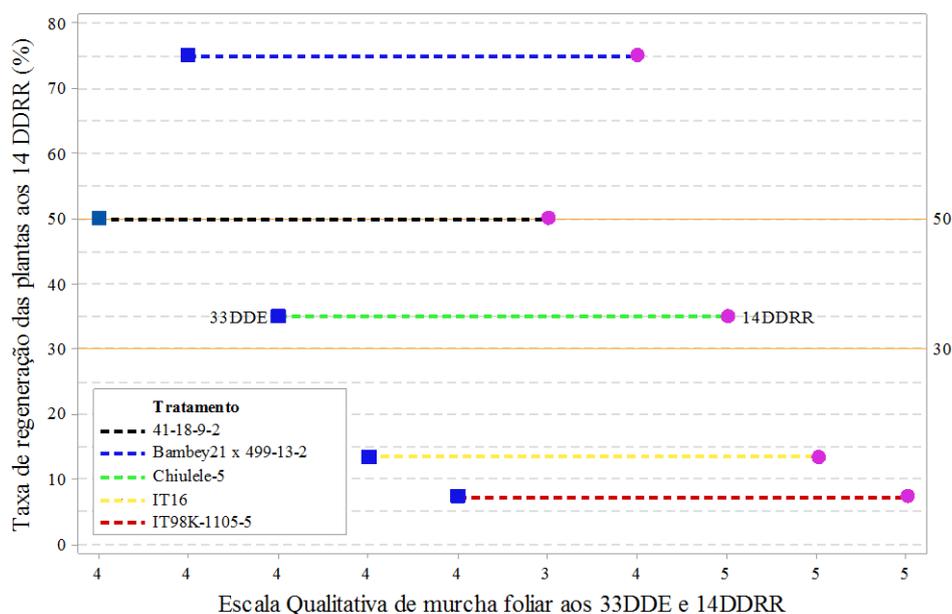


Figura 3: Capacidade de regeneração de feijão nhemba submetido ao déficit hídrico
Legenda: 14 DDDR – 14 dias depois do reestabelecimento da rega; DDE – dias depois do estresse

Embora o genótipo Bambey21 x 499-13-2 tenha apresentado a melhor e maior taxa de regeneração das plantas quando comparado aos demais genótipos, a análise estática revela que não houve diferença estatisticamente significativa quando comparado com o genótipo 41-18-9-2. Tanto que não houve diferença significativa nas taxas de regeneração das plantas do genótipo 41-18-9-2, Chiulele-5 e IT16 quando comparados entre eles. O genótipo IT98K-1105-05 apresentou a taxa de regeneração das plantas mais baixa, porém não apresenta diferença estatisticamente significativa quando comparada a taxa apresentada pelos genótipos Chiulele-5 e IT16 como se mostra no Anexo VII, Tabela 6.

4.8. CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES

A correlação positiva entre o índice quantitativo de murcha foliar (variável dependente) e as variáveis independentes (altura da planta, número de folhas por planta, comprimento da folha unifoliar e trifoliar, largura da folha unifoliar e trifoliar, comprimento do sistema radicular e a capacidade de regeneração das plantas) indica a influência negativa que a variável independente exerceu sobre o índice quantitativo de murcha foliar dos genótipos de feijão nhemba enquanto que a correlação negativa indica a influência positiva que a variável independente exerce sobre os genótipos sob déficit hídrico em condições de estufa.

4.8.1. Altura das plantas (AP) × Índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)

Não houve efeito significativo na interação entre a altura das plantas e o índice quantitativo de murcha foliar e houve uma correlação fracamente positiva entre a altura da planta e o IQMF aos 7, 14 e 33 dias depois do déficit hídrico, aos 21 DDE houve uma correlação infimamente negativa e aos 28 DDE houve correlação fracamente positiva (Tabela 7).

Resultados similares foram registados nos estudos realizados por Gonçalves *et al.*, (2017) das características fisiológicas e componentes de produção de feijão nhemba sob diferentes lâminas de irrigação no qual não houve efeito significativo na interação entre a lâmina de irrigação e altura da planta dos genótipos. Por sua vez, resultados obtidos por Srinivas *et al.*, (2017) revelam o contrário, mostraram uma correlação significativa e positiva entre o rendimento das vagens do feijão nhemba e a alturas das plantas.

4.8.2. Número de folhas por planta (NFPP) × índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)

Somente houve efeito significativo na interação entre o número das folhas por planta e o índice quantitativo de murcha foliar aos 28 dias depois do déficit hídrico. Aos 7 e 14 DDE houve uma correlação infimamente positiva entre o índice quantitativo de murcha foliar e o número de folhas por planta. Aos 28 DDE houve uma correlação moderadamente negativa entre o IQMF e o NFPP (Anexo VI, Tabela 8).

4.8.3. Comprimento da folha (CF) (cm) × índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)

Não houve efeito significativo na interação entre o comprimento da folha unifoliar e o índice quantitativo de murcha foliar tanto como na interação entre o comprimento da folha trifoliar e o índice quantitativo de murcha foliar. Aos 7, 14 e 21 dias depois do déficit hídrico houve uma correlação fracamente positiva entre o índice quantitativo de murcha foliar e o comprimento da folha unifoliar. Aos 7 dias depois do déficit hídrico houve uma correlação fracamente positiva entre o índice quantitativo de murcha foliar e o comprimento da folha trifoliar enquanto que aos 14 e 21 dias depois do déficit hídrico houve infimamente negativa e fracamente negativa.

Nos estudos feitos por Rahimi *et al.*, (2016) dos efeitos do déficit hídrico nos parâmetros morfológicos da lentilha foram registados resultados contrários. Para o autor, a correlação entre o comprimento da folha e o rendimento do grão em condições de déficit hídrico foi negativa e significativa.

Turner e Begg (1981) descobriram que normalmente o déficit hídrico necessário para influenciar negativamente a taxa fotossintética líquida é maior do que aquele necessário para exercer influência no alongamento das folhas. Para Martins (2014) é muito provável que a redução da área foliar afete a produção da biomassa da planta pela causa da baixa fotossíntese.

4.8.4. Largura da folha (IQMF) (cm) × índice quantitativo de murcha foliar (IQMF)

Aos 7, 14 e 21 dias depois do déficit hídrico houve respetivamente uma correlação moderadamente positiva, infimamente positiva e fracamente positiva entre a largura da folha unifoliar (LFU) e o índice quantitativo de murcha foliar, e houve uma correlação fracamente positiva, fracamente negativa e moderadamente negativa entre a largura da folha trifoliar e o índice quantitativo de murcha foliar.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados evidenciados sobre a tolerância de cinco genótipos de feijão ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa, conclui-se o seguinte:

- Os cinco genótipos da cultura de feijão nhemba avaliados no presente estudo divergiram no seu comportamento quando submetidos ao déficit hídrico nas condições de estufa. A divergência verificou-se apenas na capacidade de regeneração das plantas quando submetidos ao déficit hídrico;
- Com base na capacidade de regeneração das plantas e no índice quantitativo de murcha foliar em função da escala qualitativa de murcha foliar, os genótipos foram agrupados de mais tolerantes ao mais susceptível: Bambey21 x 499-13-2, 41-18-9-2, Chiulele-5, IT16 e IT98K-1105-5.

6. RECOMENDAÇÕES

Dado que o estudo foi realizado na fase inicial da cultura de feijão nhemba, época fresca (inverno) e em condições de estufa, recomenda-se:

- A implementação do mesmo estudo (tolerância de cinco genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico na fase inicial da cultura) em condições de campo;
- Identificar o nível de tolerância ao déficit hídrico dos genótipos estudados (Bambey21 x 499-13-2, 41-18-9-2, Chiulele-5, IT16 e IT98K-1105-5) na fase reprodutiva da cultura em condições de campo;
- Avaliar o rendimento do grão dos genótipos estudados (Bambey21 x 499-13-2, 41-18-9-2, Chiulele-5, IT16 e IT98K-1105-5) em condições de plena irrigação e em condições de sequeiro;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

Abdou IR, Mensah B, Kiari AS, Akromah, R 2013, “Using morpho-physiological parameters to evaluate cowpea varieties for drought tolerance”, Vol. 2, consultado no dia 03 de Agosto de 2019, disponível em <http://academeresearchjournals.org/journal/ijasr>

Alfredo, JA 2013, “Avaliação do desempenho de genótipos de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e estabilidade de rendimento do grão na região Sul de Moçambique”, Mestrado em produção vegetal, Universidade Eduardo Mondlane.

Alidu, MS, Asante, IK, Tongoona, P, Ofori, K, Danquah, A, Padi, FK 2019, “Development and screening of cowpea recombinant inbred lines for seedling drought tolerance”, Vol. 11, consultado no dia 09 de Julho de 2019, disponível em <http://http://www.academicjournals.org>

Americano, JM 2014, “Avaliação da tolerância de 24 variedades de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e os mecanismos envolvidos na tolerância das variedades”, Tese de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane.

Ajayi, TA, Gbadamosi, EA, Olumekun, OV 2018, “Screening for Drought Tolerance in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) at Seedling Stage under Screen House Condition”, Vol. 11, consultado no dia 12 de Novembro de 2018.

Abayomi, AY e Abidoye, OT 2009, “Evaluation of cowpea genotypes for soil moisture stress tolerance under screen house conditions”, Vol. 3, consultado no dia 17 de Novembro de 2018, disponível em <http://www.academicjournals.org/AJPS>

Agbicodo, EM 2009, “Genetic analysis of abiotic and biotic resistance in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]” Tese de Doutorado, Universidade de Wageningen.

Agbicodo, EM, Fatokun, CA, Muranaka, S, Visser, RGF, Van Der, CG 2009, “Breeding drought tolerant cowpea: constraints, accomplishments, and future prospects”, Vol. 167, consultado no dia 17 de Novembro de 2018.

Badiane, AF, Diouf, D, Sané, D, Diouf, O, Goudiaby, V e Diallo, N 2004, “Screening cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] varieties by inducing water deficit and RAPD analyses”, Vol.

3, consultado no dia 17 de Novembro de 2018, disponível em <http://www.academicjournals.org/AJB>

Bastos, EA, Do Nascimento, SP, Da Silva, EM, Filho, FFR, Gomide, RL 2011, “Identification of cowpea genotypes for drought tolerance”, Vol. 42, consultado no dia 31 de Julho de 2019, disponível em <http://www.ccarevista.ufc.br>

Bergonci, JI, Bergamaschi, H, Berlato, MA, Santos, AO 2000, “Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho”, Vol. 35, consultado no dia 06 de Julho de 2019.

Blum, A 2005, “Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?”, Vol. 56, consultado no dia 03 de Agosto de 2019, disponível em <http://www.publish.csiro.au/journals/ajar>

Carneiro, APS, Júnior, JIR, Santos, NT, Filho, SM 2010, Estatística experimental, Viçosa – Minas Gerais.

Casas, MN 2017, “Crop weather and climate vulnerability profiles: A collection of crop temperature and water requirement profiles to help reduce the exposure of smallholder farmers to weather and climate-related shocks”.

Cordeiro, LG, Bezerra, FML, Dos Santos, JJA, De Miranda, EP 1998, “Fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)”, Vol. 2, consultado no dia 03 de Agosto de 2019.

Chiulele, RM 2010, “Breeding Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for Improved Drought” Tese de Doutorado, University of KwaZulu-Natal: Faculty of Science and Agriculture.

Chiulele, RM, Agenbag, GA 2004, “Plant water relations and proline accumulation on two cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivars as a response to water stress”, Vol. 21, consultado no dia 25 de Julho, disponível em <https://doi.org/10.1080/02571862.2004.10635032>

DAFF (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries) 2011, Production guidelines for cowpeas.

DAFF (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries) 2014, Production guidelines for cowpea.

DAFF (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries) 2017, Production guidelines for cowpea.

De Ronde, JA, Spreeth, MH 2007, “Development and evaluation of drought resistant mutant germ-plasm of *Vigna unguiculata*”, Vol. 33, consultado no dia 17 de Maio de 2019, disponível em <http://www.wrc.org.za>

Davis, DW, Oelke, EA, Oplinger, ES, Doll, JD, Hanson, LD, Putnam, DH 1991, Cowpea: Alternative Field Crops Manual.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) 2018, Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos – Embrapa Arroz e feijão.

Engoke, C, Boahen, S, Chikoye, D, Pedro, C, Ussene, R 2015, Adaptability of cowpea genotypes in different agroecologies of Mozambique.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2019, Disponível em: www.fao.org, Acesso em: 29 de Março de 2019.

Fato, P, Chaúque, P, Mulima, E, Senete, C, Nhamucho, E 2011, Manual de produção de milho, IIAM- Transferência de tecnologias.

Fatokun, CA, Boukar, O, Muranaka, S 2012, “Evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) germplasm lines for tolerance to Drought”, Vol. 10, consultado no dia 23 de Julho de 2019, disponível em <http://www.journals.cambridge.org/pgr>

Fatokun, CA, Tarawali, SA, Singh, BB, Kormawa, PM, Tamò, M (editores) 2003, “Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production” Ibadan, Nigeria.

Garcia, CH 1989, Tabelas para classificação do coeficiente de variação, circular técnica nº 171.

Gomes, FP 1991, “O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação, Piracicaba, circular técnica 178.

Gonçalves, IS, Da Silva, RR, Oliveira, GMO, Santiago, EJP, Oliveira, VEA 2017, “Características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação”, vol. 02, consultado no dia 10 de Março de 2020, disponível em <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1456.320-329>

Gonçalves, JGR 2013, “Identificação de linhagens de feijoeiro (*phaseolus vulgaris* l.) tolerantes à seca”, Tese de Doutorado, Instituto agrônomo curso de pós-graduação em agricultura Tropical e subtropical”

Hall, AE 2004, “Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea”, Vol. 21, consultado no dia 03 de Agosto de 2019, disponível em <http://www.elsevier.com/locate/eja>.

Harrison, L, Michaelsen, J, Funk, C, Husak, G 2011, “Effects of temperature changes on maize production in Mozambique“ Climate Reseach, Vol. 46, consultado no dia 31 de Julho de 2019, disponível em <http://www.int-res.com>

INE (Instituto Nacional de Estatística) 2009, “Apresentação dos resultados definitivos do censo 2007”, Maputo.

Kasele, IN, Nyirenda, F, Shanahan, JF, Nielsen, DC, d’Andria R 1994, “Ethephon Alters Corn Growth, Water Use, and Grain Yield under Drought Stress”, VOL. 86, consultado no dia 10 de Março de 2020.

Iwuagwu, OM, Ogbonnaya, IC, and Onyike, BN 2017, “Physiological response of cowpea (*vigna unguiculata* walp.) to drought: the osmotic adjustment resistance strategy” Vol. 7, consultado no dia 10 de Novembro de 2018.

Ilunga, K 2014, “Physiological responses of cowpea (*Vigna unguiculata*) to water stress under varying water regimes” Tese de Mestrado em ciência na Agricultura (ciência das culturas), Universidade de KwaZulu-Natal.

Jaleel, CA, Manivannan, P, Wahid, A, Farook, M, Al-Juburi, J, Sumasundaran, T, Panneerselvam, R 2009, “Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition”, Vol. 11, consultado no dia 29 de Janeiro de 2019, disponível em <http://www.fspublishers.org>

Jasse, A 2013, “Cadeia de valor de cereais e oleaginosas”, Relatório de consultoria do estudo de cadeias de valor de cereais e oleaginosas, Moçambique, Abril.

Kerbaui, GB 2004, “Fisiologia Vegetal”, Editora Guanabara Koogan S.A. – São Paulo.

Kramer, PJ, Boyer, JS 1995, “Water relations of plants and soils”.

Langyintuo, AS, Lowenberg-DeBoer, J, Faye, M, Lambert, D, Ibro, G, Moussa, B, Kergna, A, Kushwaha, S, Musa, S, Ntoukam, G 2003, “Cowpea supply and demand in West and Central Africa”, Vol. 82, consultado no dia 29 de Março de 2009, Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/fcr>

MAE (Ministério de Administração Estatal) 2014, Perfil do Distrito de Chókwè Província de Gaza.

Mai-Kodomi, Y, Singh, BB, Terao, T, Myers, O, Yopp, JH 1999, “Inheritance of drought tolerance in cowpea” Vol. 59, consultado no dia 15 de Outubro de 2018.

Martins, LMV, Xavier, RG, Range, FW, Ribeiro, JRA, Neves, MCP, Morgado, LB, Rumjanek, NG 2003, “Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil”, Vol. 38, consultado no dia 17 de Novembro de 2018.

Martins, MC 2014, “Characterising four cowpea [*vigna unguiculata* (L.) walp.] Mozambican landraces deposited in a seed bank for drought tolerance” Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências Naturais e Agrícola.

MICOA (Ministry for Co-Ordination of Environmental Affairs) 2005, Avaliação da vulnerabilidade as mudanças climáticas e estratégias de adaptação.

MICOA (Ministry for Co-Ordination of Environmental Affairs) 2007, Avaliação das Experiências de Moçambique na Gestão de Desastres Climáticos.

Mitra, J 2001, “Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants”, Vol.80, consultado no dia 20 de Novembro de 2018.

Moura, ZJ, Pádua, MEL, Moura, GS, Torres, SJ, Ramalho, RP, Silva 2012, “Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi”, Vol. 25, consultado no dia 06 de Novembro de 2018, Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237123862011>

Muchero, W, Ehlers, JD, Roberts, PA 2008, “Seedling Stage Drought-Induced Phenotypes and Drought-Responsive Genes in Diverse Cowpea Genotypes”, Vol. 48, consultado no dia 17 de Novembro de 2018, disponível em <http://www.crops.org>

Mwale, SE, Ochwo-Ssemakula, M, Sadik, K, Achola, E, Okul, V, Gibson, P, Edema, R, Singini, W, Rubaihayo, P 2017, “Response of Cowpea Genotypes to Drought Stress in Uganda” Vol. 8, consultado no dia 27 de Novembro de 2018, Disponível em: <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.84050>

Ngalamu, T, Odra, J e Tongun, N 2014, Cowpea production handbook, College of Natural Resources and Environmental Studies: University of Juba.

Nkoana, KD, Gerrano, SA, Gwata, ET 2019, “Evaluation of diverse cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] germplasm accessions for drought tolerance”, Vol. 42, consultado no dia 12 de Agosto de 2019, disponível em <http://www.arccjournals.com>

Onuh, MO, Donald, KM 2009, “Effects of water stress on the rooting, nodulation potentials and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp)”, Vol. 4, consultado no dia 10 de Agosto de 2019, disponível em <http://www.scienceworldjournal.org>

Onwugbuta-Enyi, J 2004, “Water balance and proximate composition in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) seedlings exposed to drought and flooding stress”, Vol. 8, consultado no dia 10 de Março de 2020, disponível em <http://www.bioline.org.br/ja>

Ortiz, R, Ekanayake, IJ, Mabalaksbmi, V, Karnara, A, Menkir, A, Nigam, SN, Singh, BB, Saxena, NP 2002, “Development of drought-resistant and water-stress tolerant crops through traditional breeding” Proceedings of the 8th JIRCAS International symposium.

Pararajasingham, S, Knievel, PD 1989, “Nitrogenase activity of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) during and after drought stress”, Vol. 70, consultado no dia 11 de Novembro de 2018, disponível em <http://www.nrcresearchpress.com>

Pele, FD, Yeboah, A, Buari, MS, Kofi EJ 2016, “Morpho-physiological parameters used in selecting drought tolerant cowpea varieties using drought index”, Vol. 3, consultado no dia 11 de Dezembro de 2018, disponível em <http://www.internationalscholarsjournals.org>

Pejic, B, Mačkić, K, MIKIĆ, A, Čupina, B, Peksen, E, Krstić, D, Antanasović, S 2013, “Effect of water stress on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in temperate climatic conditions”, Vol. 62, consultado no dia 15 de Julho de 2019.

Pungulani, MLL, Millner, PJ, Williams, MW, Banda, M 2013, “Improvement of leaf wilting scoring system in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): From qualitative scale to quantitative index” Vol. 7, consultado no dia 30 de Junho de 2019.

Pungulani, MLL 2014, “Exploring the genetic potential of locally adapted germplasm for drought tolerance: a case for cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) from Malawi”, Tese de Doutorado, Massey University: University Of New Zealand.

Rahimi, MH, Houshmand, S, Khodambashi, M, Shiran, B, Mohammady, S 2016, “Effect of drought stress on agro-morphological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) recombinante”, Vol. 41, Consultado no dia 19 de Março de 2020, disponível em <http://www.researchgate.net/publication/303999666>

Sabiel, SAI, Abdelmula, AA, Bashir, EMA, Shahbaz, SunYingying, K, Yang, Y, Baloch, SU, Bashir, W 2014, “Genetic variation of plant height and stem diameter traits in maize (*Zea mays* L.) under drought stress at different growth stages”, vol. 4, consultado no dia 13 de Março de 2020, disponível em <http://www.iiste.org>

Sallam, A, Alqudah, AM, Dawood, MFA, Baenziger, PS 2019, “Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research”, Vol. 20, consultado no dia 10 de Março de 2020, disponível em <http://www.mdpi.com/journal/ijms>

Saidi, A, Ookawa, Hirasawa, T 2010a, “Responses of root growth to moderate soil water deficit in wheat seedlings”, Vol. 13, consultado no dia 11 de Março de 2020, Disponível em <https://doi.org/10.1626/pps.13.261>

Saidi, M, Itulya, MF, Aguyoh, NJ, e Mshenga, MP 2010b, “Yields and profitability of a dual-purpose sole cowpea and cowpea-maize intercrop as influenced by cowpea leaf harvesting frequency”, Vol. 5, consultado no dia 17 de Novembro de 2018, Disponível em <http://www.arpnjournals.com>

Samson, H, Herzog, H 2007, “Drought effect on yield, leaf parameters and evapotranspiration efficiency of cowpeas”, Conference on International Agricultural Research for Development.

Serraj, R, Sinclair, TR, Purcell, LC 1999, “Symbiotic N₂ fixation response to drought”, Vol. 50, consultado no dia 06 de Julho de 2019.

Shi, A, Ravelombola, W, Qin, J, Weng, Y, Bhattarai, G, Zia, B, Zhou, W, Mou, B 2018, “Investigation on various aboveground traits to identify drought tolerance in cowpea seedlings”, Vol. 53, consultado no dia 11 de Agosto de 2019, disponível em <http://doi.org/10.21273/HORTSCII3278-18>

Sibanda, BL 2018, “Caracterização morfológica e física dos solos do campo experimental do ISPG, distrito de Chókwe” Tese de Licenciatura, Instituto Superior Politécnico de Gaza, Não publicado.

Singh, BB, Mai-Kodomi, Y, Terao, T 1999a, “A simple screening method for drought tolerance in cowpea”, Vol. 59, consultado no dia 14 de Agosto de 2019.

Singh, BB, Mai-Kodomi, Y, Terao, T 1999b, “Relative drought tolerance of mayor rainfed crops of the semi-arid tropics” Vol. 59, consultado no dia 15 de Outubro de 2018.

Singh, B

B, Raj, MDR, Dashiell, EK, Jackai, NEL 1997, “Advances in cowpea research”, Nigéria.

Singh, SK, Reddy, RK 2011, “Regulation of photosynthesis fluorescence, stomatal conductance and water use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) under drought”, Vol. 105, consultado no dia 29 de Janeiro de 2019, disponível em <http://www.elsevier.com/locate/jphotobiol>

Sitoe, AT 2005, Agricultura familiar em moçambique - estratégias de desenvolvimento sustentável, Moçambique.

Slabbert, R, Spreeth, M, GHJ Krüger, GHJ 2004, “Drought tolerance, traditional crops and biotechnology: breeding towards sustainable development” Vol. 70, consultado no dia 02 de Novembro de 2018.

Srinivas, J, Kale, VS, Nagre, PK 2017, “Correlation and Path Analysis Study in Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Genotypes”, Vol. 6, consultado no dia 16 de Março de 2020, disponível em <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.388>

Taiz, L e Zeiger, E 2006, Fisiologia Vegetal, 3ª edição, consultado no dia 20 de Novembro de 2018, Disponível em: <https://docs.google.com/file/d/0BysgJGrNEzfDRUINa0ZETFZiWDg/edit>

Turner, CN, Begg, EJ 1981, “Plant-water relations and adaptation to stress”, Division of Plant Industry, Australia.

Victorino, MMI, Pinto-Sintra, RLA 2014, “Estabelecimento de um protocolo de transformação genética e regeneração de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp)”, Vol. 1, consultado no dia 25 de Novembro de 2018.

Uarrota, GV 2010, “Response of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp.) to water stress and Phosphorus fertilization”, Vol. 9, consultado no dia 17 de Novembro de 2018, disponível em <http://www.ansijournals.com/ja>

Uele, ID, Lyra, BG, Júnior, OJF 2017, “Variabilidade Espacial e Intranual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral”, Vol. 32, n. 3, consultado no dia 31 de Julho de 2019, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863230013>

Xu, Y, McCouch, SR, Zhang, Q 2005, “How can we use genomics to improve cereals with rice as a reference genome?”, Vol. 59, consultado no dia 03 de Agosto de 2019.

Wijewardana, C, Alsajri, FA, Irby, JT, Krutz, LJ, Golden, BR, Henry, WB, Reddy, KR 2019, “Water deficit effects on soybean root morphology and early-season vigor”, Vol. 9, consultado no dia 18 de Março de 2020.

9. ANEXOS

Anexo I: Cálculo de adubação de fundo

Quantidade recomendada

N = 15 Kg/ha;

P₂O₅ = 40 Kg/ha;

K₂O = 70 Kg/ha

NPK 12:24:12

100 Kg de NPK _____ 12% de N = 12 Kg de N

100 Kg de NPK _____ 24% de P₂O₅ = 24 Kg de P₂O₅

100 Kg de NPK _____ 12% de K₂O = 12 Kg de K₂O

100 Kg de NPK _____ 24 Kg de P₂O₅

x _____ 40 Kg de P₂O₅

x = 166.67 Kg de NPK/ha

100 Kg de NPK _____ 12 Kg de N

166.67 Kg de NPK _____ y

y = 20 Kg de N

100 Kg de NPK _____ 12 Kg de K₂O

166.67 Kg de NPK _____ z

z = 20 Kg de K₂O

Se em 10 000 m² (1 hectare) ha necessidade de 15, 40 e 70 Kg de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, então uma área de 0.845 m² (cada caixa de madeira) necessita de 0.0013 Kg de N, 0.0034 Kg de P₂O₅ e 0.006 Kg de K₂O que corresponde a 0.015 Kg de NPK por caixa de madeira.

ANEXO II: MÉDIAS DAS VARIÁVEIS MORFOLOGICA E MURCHIDÃO DAS PLANTAS

Tabela 5: Índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a escala qualitativa de murcha foliar (EQMF) em diferentes dias depois do déficit hídrico

Parâmetro	Tratamento				
	Chiulele-5	IT16	IT98K-1105-5	Bambey21 x 499-13-2	41-18-9-2
IQMF7	0.06	0.04	0.06	0.03	0.03
EQMF7	1	1	1	1	1
IQMF14	0.17	0.11	0.13	0.08	0.16
EQMF14	1	1	1	1	1
IQMF21	0.28	0.51	0.63	0.55	0.85
EQMF21	1	2	3	3	3
IQMF28	0.27	0.27	0.30	0.36	0.28
EQMF28	4	4	4	3	4
IQMF33	0.92	0.85	0.89	0.74	0.82
EQMF33	4	4	4	4	4
IQMF14DDRR	0.89	0.88	0.74	0.65	0.62
EQMF14DDRR	5	5	4	4	3

Legenda: IQMF – Índice quantitativo de murcha foliar. EQMF – Escala qualitativa de murcha foliar.

ANEXO III: NORMALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DOS DADOS, NORMALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS E HOMOGENEIDADE DAS VARIÂNCIAS

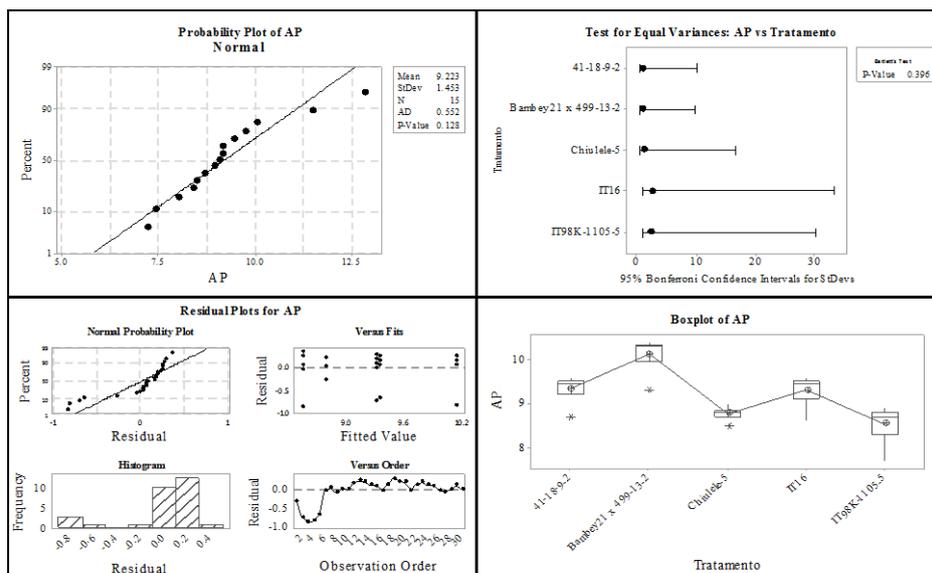


Figura 4: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para altura da planta (AP)

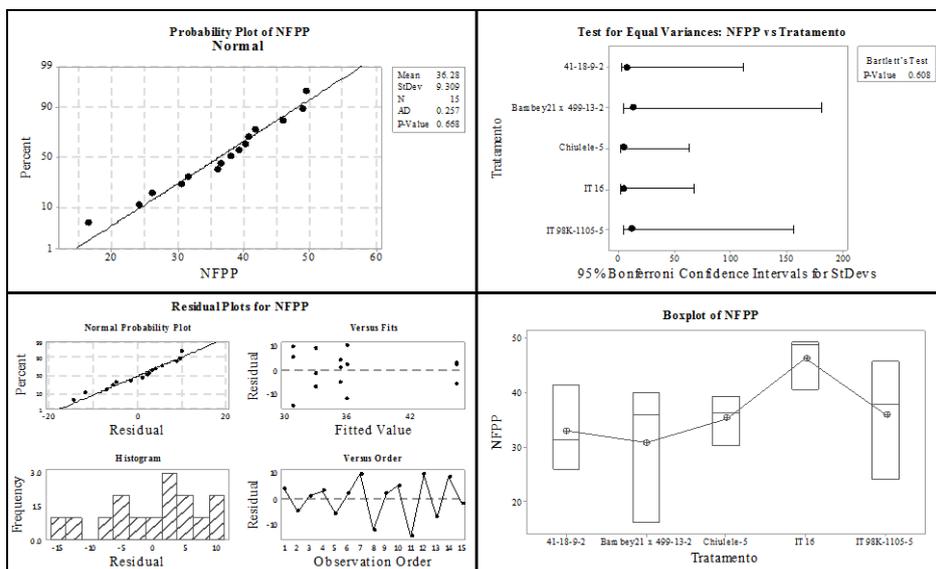


Figura 5: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para número de folhas por planta (NFPP)

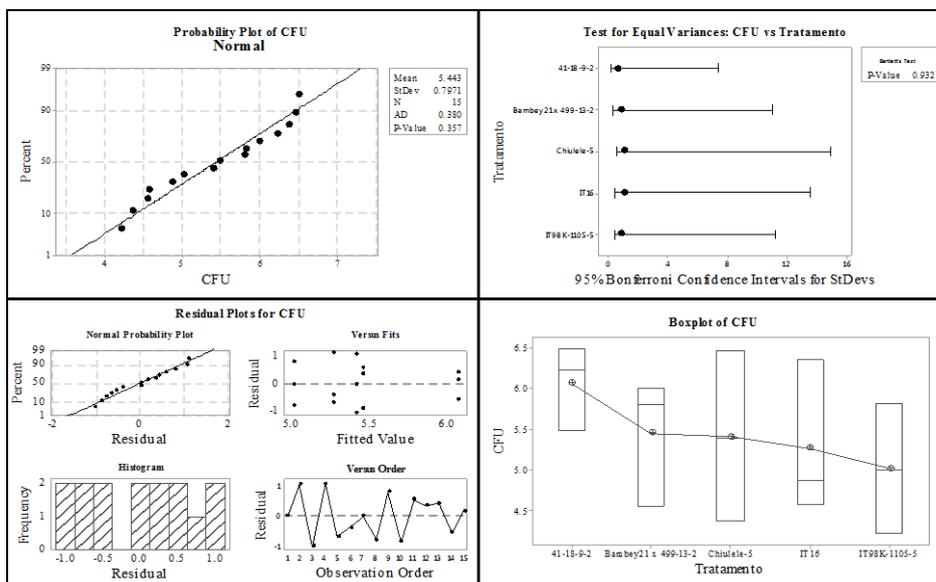


Figura 6: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para comprimento da folha unifoliar (CFU)

Tolerância de cinco genótipos de feijão nhemba ao déficit hídrico na fase inicial da cultura em condições de estufa

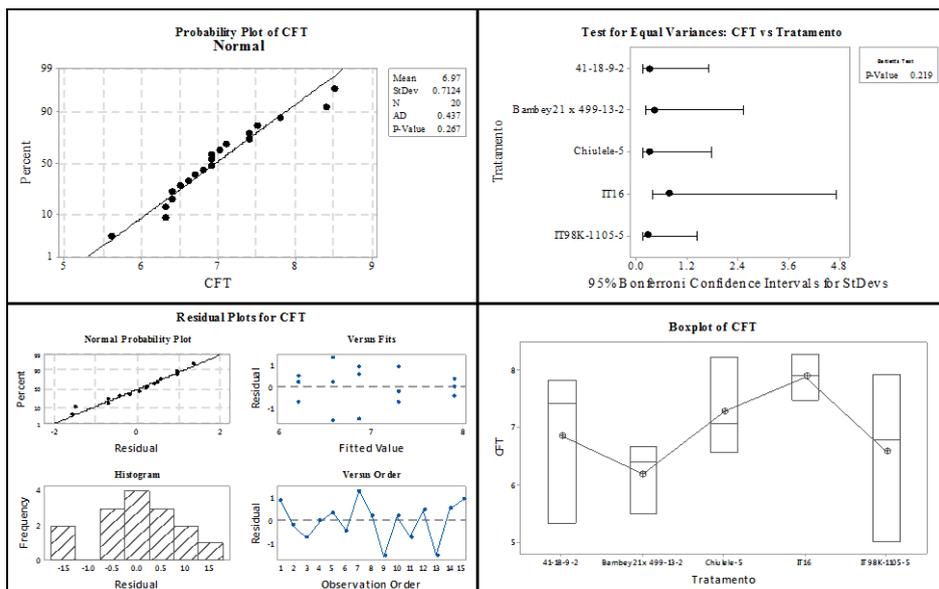


Figura 7: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para comprimento da folha trifoliar (CFT)

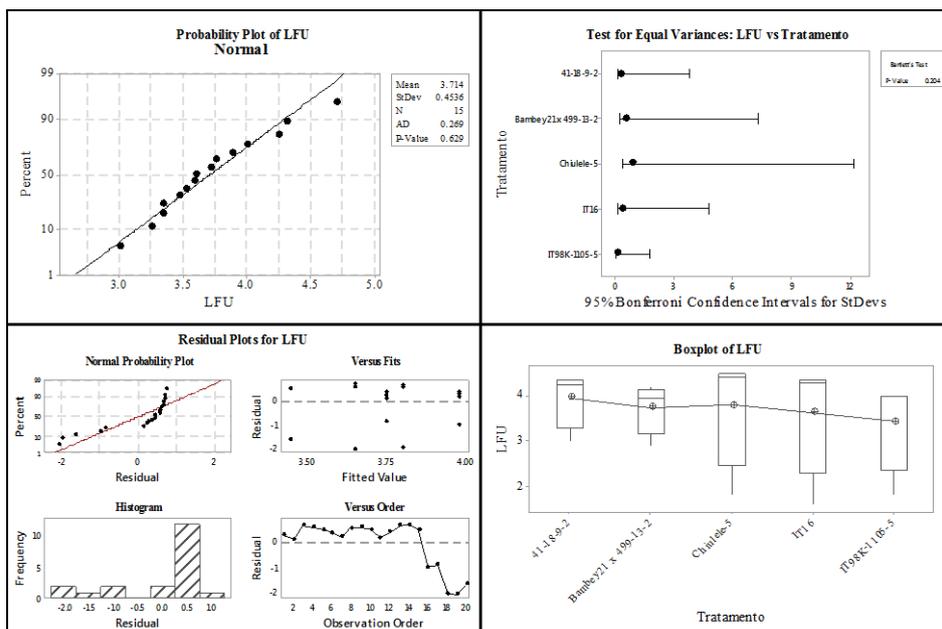


Figura 8: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para largura da folha unifoliar (LFU)

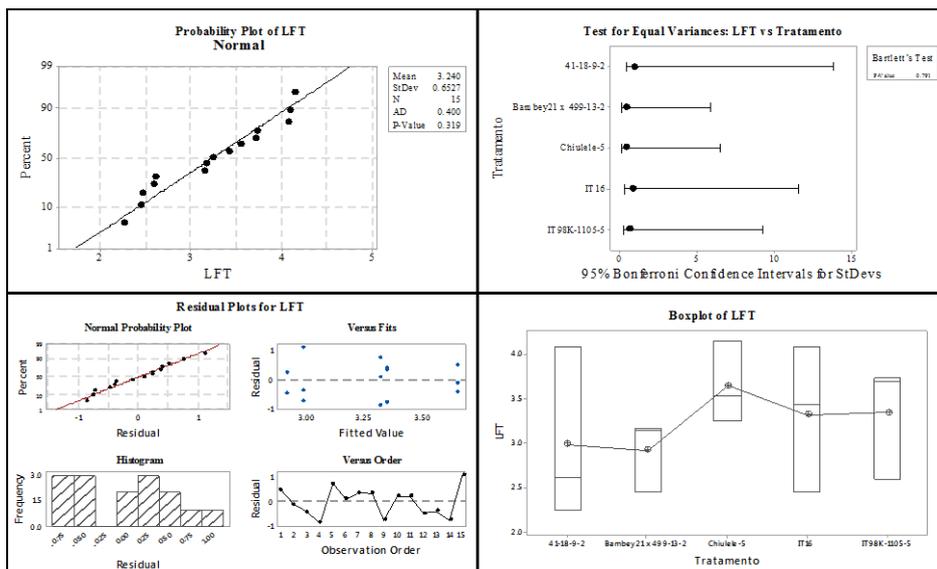


Figura 9: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para largura da folha trifoliar (LFT)

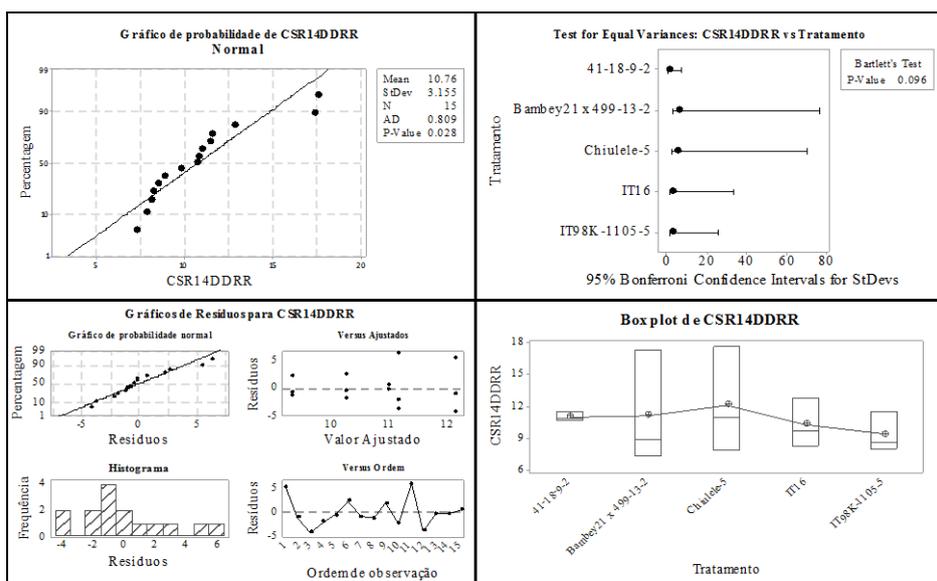


Figura 10: Normalidade de distribuição dos dados, normalidade de distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para comprimento do sistema radicular (CSR)

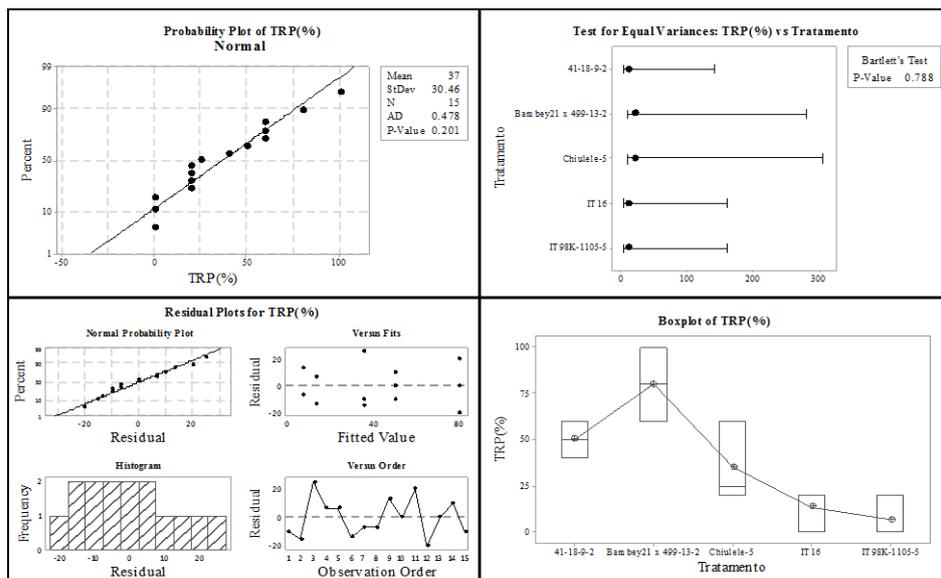


Figura 11: Normalidade de distribuição dos dados, homogeneidade das variâncias, normalidade de distribuição dos resíduos e box plot para taxa de regeneração das plantas (TGP)

ANEXO IV: TESTE DE TUKEY PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Tabela 6: Teste de Tukey para comparação das médias da taxa de regeneração das plantas

Tratamento	N	Mean	Grouping
Bambey21 x 499-13-2	3	80.0	A
41-18-9-2	3	50.00	A B
Chiulele-5	3	35.0	B C
IT16	3	13.33	B C
IT98K-1105-5	3	6.67	C

ANEXO V: CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES

Tabela 7: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a altura da planta (AP)

IQMF7 , AP7	IQMF1 4, AP14	IQMF21, AP21	IQMF28, AP28	IQMF33, AP33
----------------	---------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Pearson correlation	-0.151	-0.187	0.057	0.329	-0.150
P-value	0.591	0.505	0.840	0.231	0.594

Tabela 8: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o número de folhas por planta (NFPP)

	IQMF7, NFPP7	IQMF14, NFPP14	IQMF21, NFPP21	IQMF28, NFPP28	IQMF33, NFPP33
Pearson correlation	0.075	0.052	-0.125	-0.845	-0.243
P-value	0.791	0.854	0.658	0.000	0.382

Tabela 9: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o comprimento da folha unifoliar (CFU)

	IQMF7, CFU7	IQMF14, CFU14	IQMF21, CFU21
Pearson correlation	0.409	0.165	0.405
P-value	0.130	0.556	0.134

Tabela 10: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o comprimento da folha trifoliar (CFT)

	IQMF, CFT7	IQMF, CFT14	IQMF, CFT21
Pearson correlation	0.188	-0.084	-0.365
P-Value	0.501	0.766	0.181

Tabela 11: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a largura da folha unifoliar (LFU)

	IQMF7, LFU7	IQMF14, LFU14	IQMF21, LFU21
Pearson correlation	0.585	0.030	0.384
P-value	0.022	0.916	0.157

Tabela 12: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e a largura da folha trifoliar (LFT)

	IQMF7, LFT7	IQMF14, LFT14	IQMF21, LFT21
Pearson correlation	0.240	-0.237	-0.521

P-value	0.389	0.395	0.046
---------	-------	-------	-------

Tabela 13: Correlação e regressão entre índice quantitativo de murcha foliar (IQMF) e o comprimento do sistema radicular (CSR)

	IQMF7, CSR	IQMF14, CSR	IQMF21, CSR	IQMF28, CSR	IQMF33, CSR
Pearson correlation	-0.182	-0.37	-0.063	0.461	0.414
P-value	0.517	0.174	0.822	0.083	0.125

ANEXO VI: CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

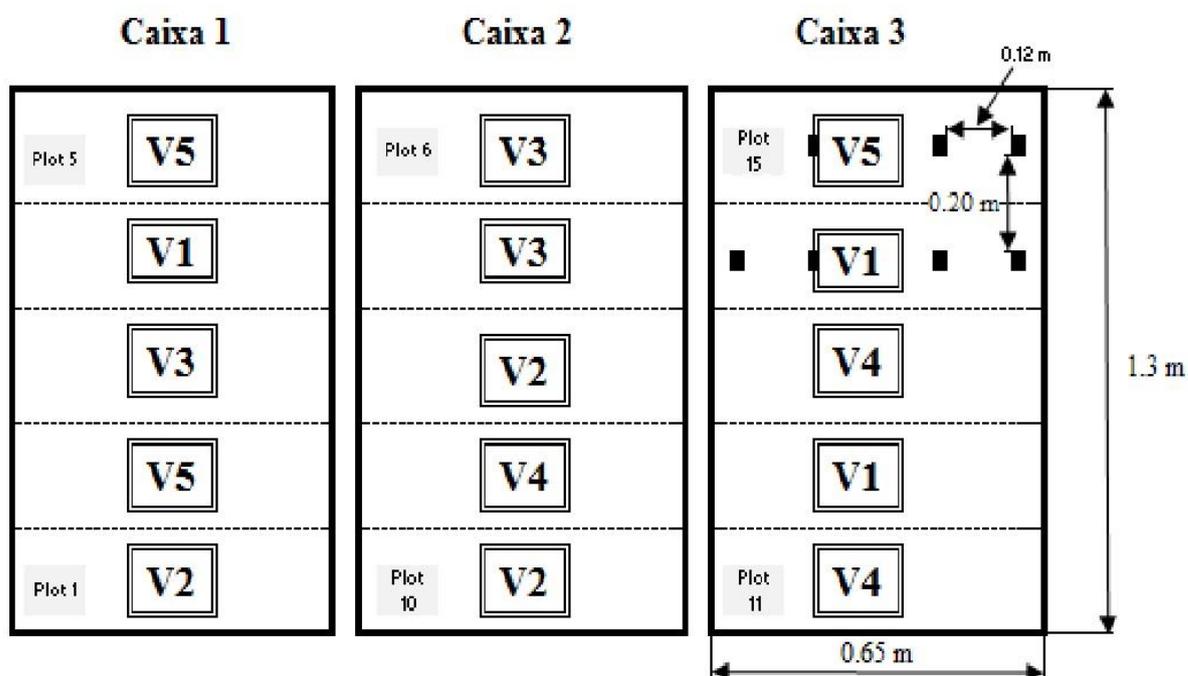


Figura 12: Layout do experimento

Adaptado pelo autor

Legenda: V1: IT – 16, V2: Chiulele – 5, V3: IT98K - 1105 – 5, V4: Bambey21 x 499 - 13 – 2, V5: 41 - 18 - 9 - 2



Figura 13: Sementeira e adubação de fundo com base de NPK 12-24-12

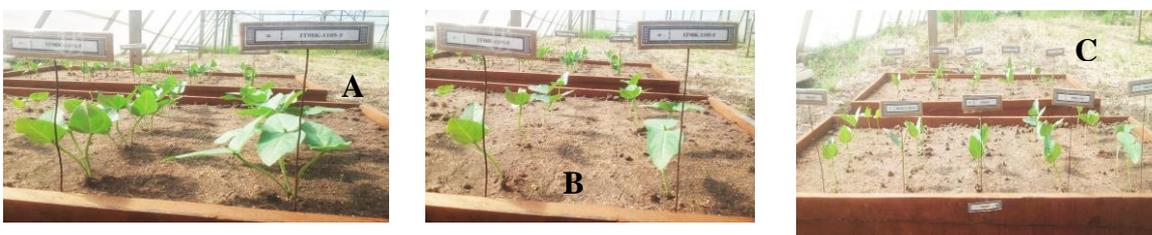


Figura 14: Desbaste

Legenda: **A**: antes do desbaste, e **B** e **C**: depois do desbaste



Figura 15: Plena fase fenológica V3 e registro da última rega



Figura 16: Genótipos de feijão nhemba aos 33 dias depois do déficit hídrico (33DDE)

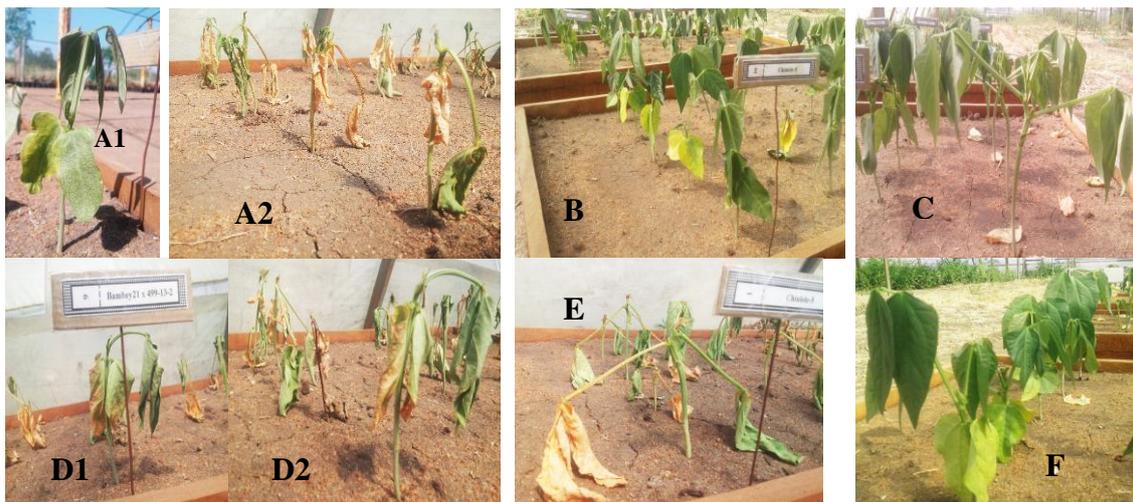


Figura 17: Mecanismo de tolerância do tipo 1 (A1, A2, D1 e D2) e do tipo 2 (B, C, E e F)

Legenda: A1, B, C e F: IT16, Chiulele-5, IT98K-1105-5 e 41-18-9-2 respectivamente aos 17 dias depois do déficit hídrico. A2 é o IT16, D1 e D2 é o Bambey21 x 499-13-2 e E é o Chiulele-5 respectivamente aos 33 dias depois do déficit hídrico.

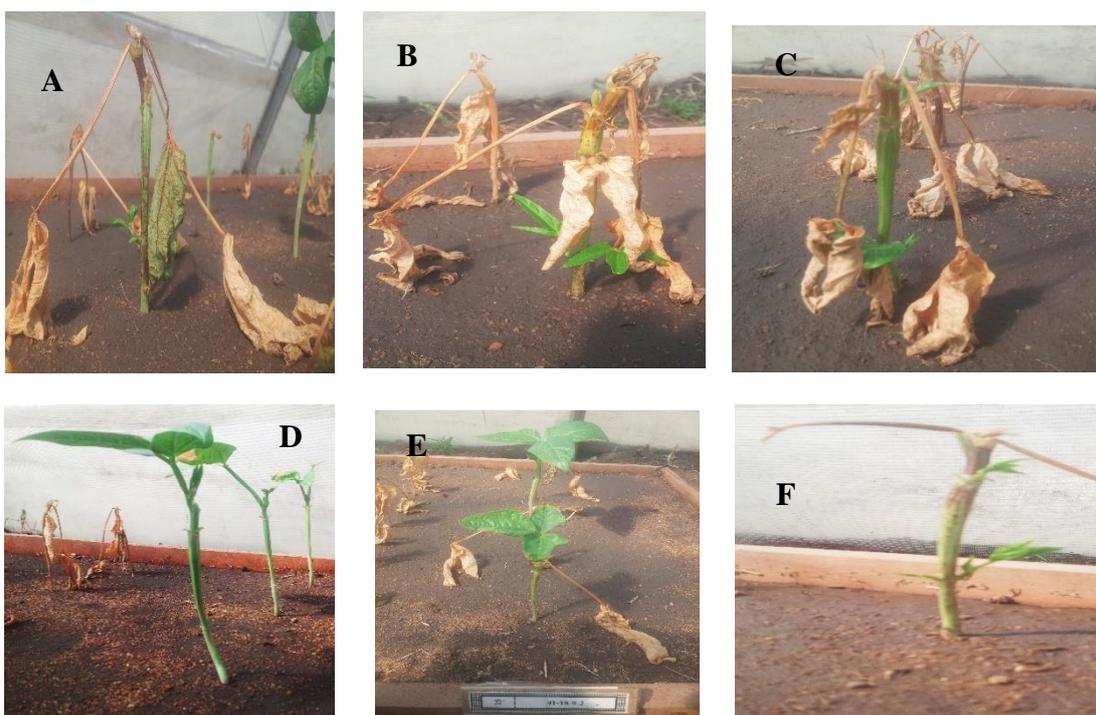


Figura 18: Regeneração de genótipos de feijão nhemba depois de 33 dias de déficit hídrico seguido por 14 dias de reestabelecimento de rega

Legenda:

✚ Regeneração a partir de:

✓ Meristema axilar:

A: Chiulele-5

B: IT16

C: IT98K-1105-5

✓ Meristema apical:

D: Bambey21 x 499-13-2

✓ Meristema axilar e apical:

E e F: 41-18-9-2

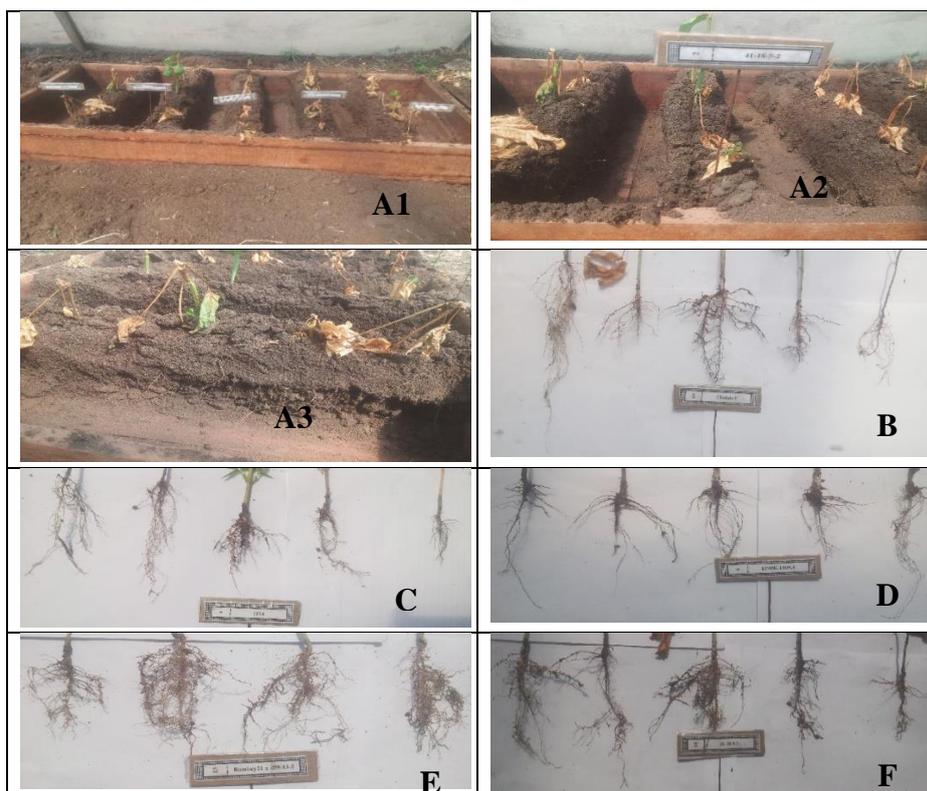


Figura 19: Remoção das raízes e medição do comprimento do sistema radicular

Legenda: A1, A2 e A3 são processos de remoção do sistema radicular. B, C, D, E e F são respectivamente: Chiulele-5, IT16, IT98K-1105-5, Bambey21 x 499-13-2 e 41-18-9-2.



Figura 20: Escala qualitativa de murcha foliar (Adaptado de Shi *et al.*, 2018)