

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MOÇAMBIQUE**

Faculdade de Ciências Agronómicas

**Avaliação do ciclo Vegetativo na Selecção de Linhas Puras da População Segregante F2 para a Garantia de Alto Rendimento na Cultura do Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata*) nas condições agro-ecológicas de Nampula**

Graciete Eugénio Abílio Zacarias

Cidade de Cuamba,  
Outubro de 2024

**Avaliação do ciclo Vegetativo na Seleção de Linhas Puras da População Segregante F2 para a Garantia de Alto Rendimento na Cultura do Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata*) nas condições agro-ecológicas de Nampula**

Graciete Eugénio Abílio Zacarias

Trabalho de monografia apresentado à Universidade Católica de Moçambique – Faculdade de Ciências Agronómicas como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Agronomia.

**Supervisor(es):** Mestre Henriques. V. Colial, MSc e Doutor José do Rosário Bofana, Ph.D

Faculdade de Ciências Agronómicas  
Outubro de 2024

**AVALIAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO NA SELECÇÃO DE LINHAS  
PURAS DA POPULAÇÃO SEGREGANTE F2 PARA A GARANTIA DE  
ALTO RENDIMENTO NA CULTURA DO FEIJÃO NHEMBA (*vigna  
unquiculata*) NAS CONDIÇÕES AGRO-ECOLÓGICAS DE NAMPULA**

**GRACIETE EUGÉNIO ABÍLIO ZACARIAS**

O presente trabalho é submetido a Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Agronomia.

**Aprovação do Júri:**

O presente trabalho foi sujeito a avaliação do júri no dia 16 de Dezembro de 2024, tendo sido aprovado com a classificação final de 15 valores.

**Júri Examinador:**

Presidente:

*Sueco Albino Cipriano*

Eng.º Sueco Albino Cipriano, MSc (UCM-FCA)

Oponente:

*Mussa Juma Joaquim*

Eng.º Mussa Juma Joaquim, MSc (UCM-FCA)

Supervisor:

Eng. Henriques Colial (IIAM)

Cuamba, Janeiro de 2025

## **FINANCIAMENTO**

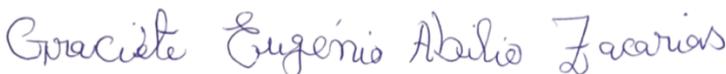
Este trabalho foi realizado com o financiamento de:

- Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, Centro Zonal Norte- Nampula

## DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Eu, **Graciete Eugénio Abílio Zacarias**, estudante matriculada com o n° de estudante 704200045, no curso de Licenciatura em Agronomia, autor do trabalho de monografia, submetido à Faculdade de Ciências Agronómicas da Universidade Católica de Moçambique, intitulado, **Avaliação do ciclo Vegetativo na Seleção de Linhas Puras da População Segregante F2 para a Garantia de Alto Rendimento na Cultura do Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata*) nas condições agro-ecológicas de Nampula**, orientado pelo Doutor José do Rosário Bofana e Mestre Henriques. V. Colial, declaro que este é original, nunca foi antes submetido a outra instituição para efeitos de obtenção de grau. Declaro ainda que toda a informação apresentada no trabalho é resultado da investigação de campo e da revisão da literatura, cujas fontes utilizadas encontram-se devidamente citadas no texto e listadas nas referências bibliográficas.

Cidade de Cuamba, Outubro de 2024



---

Graciete Eugénio Abílio Zacarias



## DEDICATÓRIA

*Em memória de meu querido pai, **Eugénio Abílio Zacarias**, cuja presença vive em cada passo que dou e em cada objectivo alcançado por mim. Dedico também a minha mãe, **Cristina Estevão António**, por ser minha base, minha fortaleza e por acreditar em mim em todos os momentos.*



## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar, a Deus todo-poderoso pela bênção e saúde, aos meus pais Sr. Eugénio Abílio Zacarias que Deus o tenha, e Sra. Cristina Estevão António, Pelo amor, apoio e inspiração que vocês me proporcionaram ao longo dos anos foram fundamentais para alcançar este feito. Seus sacrifícios e encorajamentos nunca foram em vão, e esta conquista é também um reflexo da dedicação que vocês sempre demonstraram na minha educação.

Aos meus irmãos, (Sérgio Eugénio, Quitéria Eugénio, Yolanda Eugénio, Domingos Eugénio, Clara Samuel, Dionísia Benedito, Valder Elias), que sempre estiveram ao meu lado, independentemente dos defeitos. Cada momento compartilhado foi uma fonte de motivação, e a saudade durante os momentos intensos de estudos eram amenizadas pela certeza de que contava com o apoio de vocês.

Quero expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram de maneira significativa para a realização desta monografia. Este trabalho representa não apenas o resultado de esforço individual, mas também o fruto de apoio e orientação preciosa

Aos colegas de curso, agradeço pelas discussões enriquecedoras, colaborações valiosas e momentos de descontração que aliviaram a jornada académica. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e parceiros que se tornaram parte integrante desta jornada académica, particularmente ao meu namorado (Adilson Júlio) obrigada pelo seu amor e apoio incondicional nesta jornada, essa conquista é tão sua quanto minha. Aos meus amigos que se tornaram companheiros nessa trajetória (Mariamo Sumalgi, Helena Teca, Hassina Alberto, Erica Sinoia, Yowere Muaqueia, Lúcia Mucuapa, Hermínia Impissa, Vanda Sululo, Abdala João, Rosalina Abujate, Neima Monteiro, Suzete Paquete, Albino Manuel, Osvaldo Acácio, Valter Raul, Hélio Mucotua), que incentivaram durante todo esse período. Obrigado pela troca de conhecimento, e pelas risadas que trouxeram leveza aos dias mais difíceis. Este trabalho é também fruto das experiências compartilhadas e das amizades que construí ao longo do caminho.

Aos professores que guiaram meus passos, particularmente ao meu supervisor Eng.º Enriques Colial e Eng.º José Bofana, expresso minhas profundas gratidões. Cada orientação, conselho e desafio proposto contribuiu para o meu crescimento académico e pessoal. Suas palavras de incentivo foram faróis em momentos de incerteza, e a

confiança depositada em meu potencial foi um impulso decisivo para a conclusão deste trabalho.

Aos professores e coordenadores do meu curso, que proporcionaram a oportunidade de realizar este trabalho e aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula. Agradeço pelo suporte académico e por incentivarem experiências práticas que enriquecem nossa formação.

Às fontes de financiamento, a empresa IIAM expresse minha gratidão pela oportunidade concedida, que viabilizou a realização desta pesquisa.

A instituição de ensino, Universidade Católica de Moçambique – Faculdade de Ciências Agronómicas de Cuamba (UCM-FCA), que proporcionou o ambiente propício para meu desenvolvimento académico, agradeço pela qualidade de ensino, pelos recursos disponibilizados pelas oportunidades de aprendizagem que moldaram minha visão de mundo.

A conselheira do Núcleo Mukhalelo Othene (Hermínia Impissa), pela disponibilidade em ajudar, não só em problemas académicos, mas sim em vários problemas pessoais. Aos bibliotecários e profissionais que, de alguma forma, contribuíram para o enriquecimento do meu conhecimento ao longo desta jornada.

## RESUMO

O feijão nhemba (*Vigna unguiculata*), uma leguminosa fundamental para a segurança alimentar em regiões semiáridas como Nampula, Moçambique, destaca-se por sua resiliência a solos pobres e condições climáticas adversas. Este estudo teve como objectivo identificar genótipos de feijão nhemba com alto rendimento e adaptabilidade às condições agroecológicas locais, visando contribuir para o melhoramento genético da cultura. Utilizou-se um delineamento experimental completamente casualizado com 56 famílias F1 e 8 progenitores, permitindo a análise de características vegetativas e produtivas essenciais. Foram avaliados parâmetros como número e comprimento das vagens, altura da planta, índice foliar, tempo para floração e maturação, além do peso e rendimento das sementes. Os resultados mostraram variação significativa entre os genótipos, com destaque para IT10K-834-3 (292), TVu-328 (9), F2 (292x9), F2 (9x292), MWcp64 (220) e F2 (220x9), que exibiram maior rendimento nas condições local. Esses resultados confirmam que a selecção criteriosa de genótipos pode identificar linhagens promissoras, favorecendo o desenvolvimento de variedades mais produtivas e resilientes. Recomenda-se a multiplicação e testes adicionais dessas linhagens em campo, integrados a práticas de manejo sustentável para maximizar a produtividade e fortalecer a segurança alimentar na região.

**Palavras-chaves:** Feijão nhemba; *Vigna unguiculata*; Melhoramento genético; Rendimento de grãos; Segurança alimentar.



## ABSTRACT

Cowpea (*Vigna unguiculata*), a crucial legume for food security in semi-arid regions such as Nampula, Mozambique, is notable for its resilience to poor soils and adverse climatic conditions. This study aimed to identify cowpea genotypes with high yield potential and adaptability to local agroecological conditions, contributing to the genetic improvement of the crop. A completely randomized experimental design was used, involving 56 F1 families and 8 progenitors, allowing for the assessment of essential vegetative and productive traits. Parameters evaluated included the number and length of pods, plant height, leaf area index, time to flowering and maturation, as well as seed weight and grain yield. Results showed significant variation among genotypes, with IT10K-834-3 (292), TVu-328 (9), F2 (292x9), F2 (9x292), MWcp64 (220), and F2 (220x9) standing out for their higher yield under the local conditions. These findings confirm that careful genotype selection can identify promising lines, favouring the development of more productive and resilient varieties. It is recommended to multiply and conduct further field tests of these selected lines, integrated with sustainable management practices to maximize productivity and strengthen food security in the region.

**Keywords:** Cowpea; *Vigna unguiculata*; Genetic improvement; Grain yield; Food security.



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
FAO	: <i>Food and Agriculture Organization</i> (Programa das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação)
g	: Grama
gl	: Grau de liberdade
IIAM	: Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
INIA	: Instituto Nacional de Investigação Agrária
Kg	: Quilograma
Lic	: Licenciado
MAE	: Ministério da Administração Estatal
MISAU	: Ministério da Saúde e Agricultura
QM	: Quadrado médio
SQ	: Soma de quadrado
USAID	: <i>United States Agency for International Development</i>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fenologia da cultura de feijão Nhemba .....	12
Tabela 2. Fase da cultura, pragas, danos e controlo .....	14
Tabela 3. Material genético usado no estudo.....	22
Tabela 4. Desenho do Viveiro e Codificação.....	23
Tabela 5. Critério de definição de parâmetros em estudo.....	27
Tabela 6. Coeficientes de variação .....	31
Tabela 7. Resultados médios do número de vagens por pedúnculo, número de vagens por planta e comprimento da vagem (em cm). .....	33
Tabela 8. Resultados médios da altura da planta e índice foliar.....	36
Tabela 9. Resultados médios do número de dias para início da floração, formação de vagens e maturação fisiológica.....	38
Tabela 10. Resultados médios do peso de sementes e rendimento do grão.....	41
Tabela 11. Período de início de floração da população F2 .....	42
Tabela 12. Tamanho de semente da população F2.....	44
Tabela 13. Rendimento do grão da população F2 .....	45



---

**ÍNDICE**

<b>Conteudos</b>	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Problematização.....	2
1.4.1. Objectivo geral .....	6
1.4.2. Objectivos específicos .....	6
<b>CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
2.1. Origem e distribuição de feijão nhemba.....	9
2.2. Classificação taxionómica da cultura de feijão nhemba.....	9
2.3. Produção mundial .....	9
2.4. Importância do feijão nhemba em Moçambique .....	10
2.5. Morfologia da cultura de feijão nhemba.....	10
2.5.1. Raízes.....	10
2.5.2. Caule.....	10
2.5.3. Folhas.....	11
2.5.4. Flores .....	11
2.5.5. Vagens.....	11
2.5.6. Frutos .....	11
2.5.7. Sementes.....	12
2.6. Fenologia da cultura de feijão nhemba.....	12
2.7. Método de propagação.....	12
2.8. Exigências agro- climáticas .....	12
2.8.1. Temperatura .....	13
2.8.2. Fotoperíodo.....	13
2.8.3. Solos .....	13
2.8.4. Humidade relativa.....	13
2.8.5. Precipitação .....	13
2.9. Maneio integrado de infestantes, pragas e doenças.....	14
2.9.1. Infestantes.....	14
2.9.2. Pragmas e métodos de controlo .....	14
2.10. Melhoramento de feijão Nhemba .....	15
2.11. Selecção de Linhas Puras da população segregante F2 .....	16

2.12. Ciclo vegetativo.....	17
<b>CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
3.1. Descrição do local de estudo .....	21
3.1.1. Local dos cruzamentos .....	21
3.1.2. Descrição do Local da condução do ensaio.....	21
3.2. Matérias .....	22
3.3. População amostra e amostragem.....	23
3.4. Métodos .....	23
3.4.1. Delineamento.....	23
3.4.2. Condução de ensaio .....	25
3.5. Parâmetros de medição e observação .....	27
3.5.1.1. Parâmetros coletados nos parentais .....	27
3.5.2. Parâmetros coletados na população F2.....	29
3.6. Processamento e Análise de dados .....	30
3.6.1. Coeficiente de variação .....	31
3.7. Limitação do estudo.....	31
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS ANÁLISES E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1. Identificação de parentais adequados para o desenvolvimento de novas linhas puras..	33
4.1.1. Número de vagens por pedúnculo, vagens por planta e comprimento da vagem ..	33
4.1.2. Altura médio de planta em cm e Índice foliar .....	36
4.1.3. Dias para o início de floração, formação de vagens e maturação fisiológica.....	38
4.1.4. Peso de sementes e rendimento do grão .....	40
4.2. Ciclo de maturação da população F2.....	42
4.3. Tamanho da semente da população F2 .....	43
4.4. Rendimento do grão da população F2 .....	44
5.1. Conclusões.....	47
5.2. Recomendações .....	48
Na base nos resultados e nas conclusões deste estudo, recomenda-se o seguinte:.....	48
5.3. Inovação ou contributo para a sustentabilidade.....	48
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>61</b>

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

O feijão nhemba (*Vigna unguiculata*), também conhecido como feijão-caupi, é uma das principais leguminosas cultivadas em África, desempenhando um papel vital na dieta e na economia de milhões de agricultores, particularmente em regiões semiáridas e tropicais (Matavele, 2018). Essa cultura é valorizada por sua alta tolerância a condições de estresse hídrico e a solos de baixa fertilidade, o que a torna essencial para pequenos agricultores em áreas como Nampula, no norte de Moçambique, onde a variabilidade climática e a degradação do solo são grandes desafios para a agricultura de sequeiro (Matavele, 2018). Além de seu valor nutritivo, sendo uma fonte rica de proteínas e aminoácidos essenciais, o feijão nhemba também oferece uma fonte importante de renda para famílias rurais (Santos et al., 2021).

As condições agroecológicas de Nampula, caracterizadas por um clima tropical seco e solos predominantemente arenosos (MAE, 2005), criam desafios específicos para a produção agrícola, e o melhoramento genético das culturas, como o feijão nhemba, é uma estratégia fundamental para aumentar a resiliência das plantas a esses ambientes adversos (Nhamo & Moyo, 2020). A selecção de variedades adaptadas a essas condições pode garantir maior estabilidade e produtividade, assegurando a segurança alimentar das comunidades locais (Mbanasor & Uwaifo, 2022). Nesse contexto, o estudo das populações segregantes F2, resultantes de cruzamentos controlados, oferece uma oportunidade valiosa para identificar linhagens superiores, com características desejáveis, como maior resistência ao estresse ambiental e maior rendimento (Mupangwa et al., 2019).

O melhoramento genético de feijão nhemba através da selecção de linhas puras visa identificar plantas com características agronômicas superiores, como alta produtividade, resistência a pragas e doenças, e eficiência na utilização de água e nutrientes. A população F2, por sua alta variabilidade genética, permite aos melhoradores selecionar plantas que apresentem as melhores combinações de características desejadas, fundamentais para o desenvolvimento de variedades de feijão nhemba mais adaptadas às condições locais (Mupangwa et al., 2019). Este processo é particularmente importante para regiões como Nampula, onde as condições ambientais desafiam a estabilidade produtiva de muitas culturas alimentares (Mupangwa et al., 2019).

O ciclo vegetativo, que compreende o período desde a germinação até o início da floração, é uma fase crítica no desenvolvimento da planta (Pereira et al., 2015). Durante essa fase, ocorrem

eventos chave, como o estabelecimento inicial da planta, o crescimento radicular, e a acumulação de biomassa, todos os quais influenciam diretamente o rendimento final (Silva et al., 2019). A avaliação do ciclo vegetativo em populações segregantes, como a F2, é essencial para selecionar plantas com maior vigor e capacidade de adaptação, o que pode resultar em um melhor desempenho nas fases subsequentes do desenvolvimento, como a floração e o enchimento dos grãos (Hallauer et al., 2010).

No entanto, a eficiência da seleção depende de uma análise detalhada das condições edafoclimáticas específicas da região onde o cultivo será realizado (Silva et al., 2020). Em Nampula, por exemplo, as altas temperaturas e a irregularidade das chuvas podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente nas fases iniciais do ciclo vegetativo, tornando necessária a seleção de linhagens que demonstrem resiliência sob essas condições. Estudos anteriores já demonstraram que a adaptação das plantas ao ambiente pode influenciar significativamente seu rendimento e qualidade (Jones et al., 2020).

Portanto, o presente estudo tem como objectivo avaliar o ciclo vegetativo na seleção de linhas puras da população segregante F2 de feijão nhemba, nas condições agroecológicas de Nampula, visando identificar as plantas que apresentam maior potencial para garantir altos rendimentos. Através da análise detalhada do desenvolvimento vegetativo, espera-se identificar linhagens com características que promovam maior produtividade, adaptabilidade e resistência, contribuindo assim para o desenvolvimento de variedades de feijão nhemba que possam responder adequadamente aos desafios impostos pelas condições climáticas e edáficas da região (Santos & Ferreira, 2020). Ao selecionar linhagens promissoras, este estudo também poderá fornecer subsídios valiosos para programas de melhoramento genético e promover a sustentabilidade da produção agrícola local, com impacto positivo na segurança alimentar e na subsistência das populações rurais.

## **1.2. Problematização**

O feijão nhemba (*Vigna unguiculata*) é uma cultura fundamental para a segurança alimentar e a economia rural na província de Nampula e em Moçambique no geral. Além de ser uma fonte essencial de proteína vegetal (Souza et al., 2018), o feijão nhemba desempenha um papel significativo na rotação de culturas e na manutenção da fertilidade do solo, sendo uma prática comum entre os pequenos agricultores (Souza et al., 2018). No entanto, apesar da importância dessa cultura, a produtividade do feijão nhemba na região tem sido frequentemente baixa e instável, devido a uma série de desafios agrônômicos, ambientais e socioeconômicos.

Um dos principais problemas enfrentados na produção do feijão nhemba em Nampula está relacionado às condições agroecológicas variáveis. A região é caracterizada por solos de baixa fertilidade, chuvas irregulares e a presença de pragas e doenças, que afetam diretamente o desenvolvimento e o rendimento das plantas (Silva et al., 2020). Além disso, a falta de variedades adaptadas às condições específicas de Nampula limita o potencial produtivo da cultura. As variedades atualmente cultivadas muitas vezes apresentam baixos índices de vigor vegetativo, baixa resistência a estresses bióticos e abióticos, e, conseqüentemente, rendimentos abaixo do esperado (Santos et al., 2020).

Outro desafio significativo é a falta de conhecimento e tecnologia adequada para a seleção de linhas puras com alto potencial produtivo (Silva et al., 2020). A seleção de linhagens a partir da população segregante F2 é um processo crucial para o melhoramento do feijão nhemba, pois permite identificar plantas com características desejáveis, como maior resistência a condições adversas, vigor vegetativo e alto rendimento (Hallauer et al., 2010). No entanto, a seleção eficiente dessas linhas exige uma avaliação cuidadosa do desenvolvimento vegetativo das plantas, bem como uma compreensão aprofundada dos factores que afectam seu crescimento e produtividade. A complexidade deste processo é agravada pela diversidade genética presente na população F2, o que torna a identificação das melhores linhagens um desafio ainda maior (Smith & Jones, 2020).

Diante destes desafios, surge a necessidade de pesquisas que enfoquem a avaliação do desenvolvimento vegetativo das linhas puras da população segregante F2. É fundamental identificar e selecionar plantas que possam garantir um alto rendimento, mesmo sob as condições adversas encontradas em Nampula. Essa seleção precisa considerar factores como a resistência a pragas e doenças, eficiência no uso de nutrientes, e a adaptação às condições climáticas e de solo da região. Sem um programa de melhoramento genético direcionado a essas necessidades específicas, o potencial do feijão nhemba como fonte de segurança alimentar e renda para os agricultores locais continuará subaproveitado.

Além disso, a falta de variedades adaptadas e produtivas afeta diretamente a sustentabilidade da produção agrícola na região. Os agricultores locais, muitas vezes, não têm acesso a sementes de qualidade que sejam adequadas às condições de cultivo em Nampula. Conseqüentemente, o baixo rendimento da cultura resulta em menor oferta de feijão nhemba no mercado, afetando os preços e a disponibilidade desse alimento para a população. Portanto, há uma necessidade urgente de identificar e selecionar linhas puras que não apenas apresentem alto rendimento, mas

que também sejam resistentes às condições adversas locais, contribuindo para uma produção mais estável e sustentável.

Assim, este estudo se propõe a avaliar o desenvolvimento vegetativo das linhas puras da população segregante F2 para identificar aquelas com maior potencial para garantir um alto rendimento do feijão nhemba nas condições agroecológicas de Nampula, devendo no final esta responder a seguinte questão de pesquisa: **Qual das Linhas Puras da População Segregante F2 selecionada, ira garantir o alto rendimento e qualidade do grão na cultura do feijão Nhemba nas condições edafoclimáticas locais?**

### **1.3. Justificativa**

O feijão nhemba (*Vigna unguiculata*) é uma cultura de grande importância em Moçambique, amplamente cultivada pelo setor familiar em todo o país, tanto para o consumo de grão seco, vagem fresca, quanto para a utilização das folhas como alimento. Além de seu valor nutricional, sendo uma rica fonte de carboidratos, fibras, aminoácidos essenciais, vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio, fósforo, magnésio e zinco, esta leguminosa possui propriedades anti-inflamatórias, o que a torna um alimento essencial na dieta de muitas famílias. Dada a relevância dessa cultura para a segurança alimentar e nutricional das comunidades rurais, o estudo e o melhoramento do feijão nhemba são cruciais para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas, degradação dos solos e pressão de pragas e doenças.

Nas zonas rurais de Moçambique, onde a agricultura de subsistência é predominante, o feijão nhemba desempenha um papel central na vida das famílias. O melhoramento genético dessa cultura pode trazer benefícios imediatos, especialmente para os pequenos agricultores, ao desenvolver variedades mais produtivas, resistentes a pragas, tolerantes à seca e adaptáveis às condições ambientais adversas. Isso resultará em colheitas mais estáveis, o que não só aumenta a disponibilidade de alimentos, como também assegura uma fonte de renda constante para as famílias rurais. Além disso, o aumento da produtividade reduz a necessidade de importar alimentos, fortalecendo a economia local e promovendo a autossuficiência alimentar.

Do ponto de vista econômico, o cultivo de variedades melhoradas de feijão nhemba pode impulsionar a inclusão e sustentabilidade nas comunidades agrícolas, promovendo maior acesso ao mercado e fomentando o desenvolvimento rural. As famílias terão a oportunidade de comercializar o excedente da produção, gerando uma fonte adicional de renda que pode ser investida em outras áreas, como educação e saúde. Assim, o fortalecimento do cultivo de feijão

nhemba contribui diretamente para a redução da pobreza e para o desenvolvimento socioeconômico das regiões rurais de Moçambique.

Para a comunidade científica, este estudo oferece uma contribuição significativa ao conhecimento no campo do melhoramento genético e da produção agrícola. A pesquisa sobre o ciclo vegetativo e as características fenotípicas do feijão nhemba permitirá a selecção de cultivares mais adaptadas às condições locais, criando um banco de dados valioso sobre a variabilidade genética e o rendimento da cultura. Esse conhecimento poderá ser utilizado para otimizar práticas agrícolas, melhorar os processos de selecção e desenvolver estratégias mais eficazes de cultivo em regiões semiáridas e tropicais. Além disso, a disseminação dos resultados desta pesquisa pode inspirar e orientar futuros estudos no campo do melhoramento de leguminosas em países com desafios ambientais semelhantes. A investigação científica voltada para o melhoramento de culturas como o feijão nhemba não apenas fortalece a base de conhecimento acadêmico, mas também tem um impacto direto nas práticas agrícolas, ajudando a aumentar a resiliência das culturas frente às mudanças climáticas e outros estresses ambientais.

Por fim, o melhoramento do feijão nhemba contribui para a sustentabilidade da produção agrícola, pois variedades mais eficientes em termos de uso de água e nutrientes diminuem a pressão sobre os recursos naturais, como solos e recursos hídricos. Este aspecto é especialmente importante em regiões de Moçambique sujeitas à seca e à degradação ambiental. Ao desenvolver plantas mais adaptadas a essas condições, a pesquisa contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis, que preservam o meio ambiente e promovem uma produção mais eficiente e de menor impacto ecológico.

#### **1.4. Objectivos de estudo**

A cultura de feijão nhemba (*Vigna unguiculata*) desempenha um papel importante na segurança alimentar e nutricional de diversas regiões tropicais e subtropicais, sendo uma leguminosa de elevado valor nutritivo e com boa adaptação a condições climáticas adversas. No entanto, a produtividade dessa cultura ainda enfrenta desafios relacionados a selecção de genótipos com características agronómicas superiores, como resistência a stresses ambientais e alto rendimento de grãos. Nesse contexto, a selecção de linhas puras a partir de populações segregantes, como a F2, é uma estratégia essencial para o desenvolvimento de novas variedades com melhor desempenho agronómico. Assim, para garantir que ocorra uma produção satisfatória com interferências mínima dos factores mencionados, desenvolveu-se este estudo cujos objectivos são os mostrados a seguir.

#### 1.4.1. Objectivo geral

- ❖ Avaliar o ciclo Vegetativo na Selecção de Linhas Puras da População Segregante F2 para a Garantia de Alto Rendimento na Cultura do Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata*) nas condições agro-ecológicas de Nampula

#### 1.4.2. Objectivos específicos

- ❖ Identificar os parentais adequados para o desenvolvimento de novas linhas puras de feijão nhemba;
- ❖ Determinar e comparar o ciclo de maturação das linhas puras (população F2) com base na comparação dos dias de floração;
- ❖ Determinar e comparar o tamanho dos grão da população F2;
- ❖ Quantificar e comparar o rendimento de grão nas diferentes linhas puras (população F2);

#### 1.5. Hipóteses

Para este estudo, avançou-se com duas hipóteses:

##### 1. Hipótese Nula ( $H_0$ ):

- Nenhum dos parentais e linhas puras da população segregante F2 seleccionadas apresentará diferenças estatisticamente significativas no desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade do grão de feijão Nhemba.

##### 2. Hipótese Alternativa ( $H_a$ ):

- Pelo menos um dos parentais e uma das linhas puras da população segregante F2 seleccionadas apresentará diferenças estatisticamente significativas no desenvolvimento vegetativo, rendimento ou qualidade do grão de feijão Nhemba.

#### 1.6. Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho é descrita da seguinte forma:

- **Capítulo 1: Introdução** - Este capítulo apresenta uma visão geral do tema, destacando a importância do feijão nhemba para Moçambique e justificando a relevância do estudo. São definidos os objectivos geral e específicos, além de contextualizar o problema de pesquisa, relacionado ao melhoramento genético e à selecção de linhagens puras de feijão nhemba para aumentar a produtividade e a adaptação às condições agroecológicas de Nampula.

- **Capítulo 2: Revisão de Literatura** - Neste capítulo, realiza-se uma análise das teorias e estudos relevantes sobre o feijão nhemba, com ênfase no ciclo vegetativo, na importância socioeconômica, nas práticas de melhoramento genético e nos factores que influenciam a produtividade. Também se abordam estudos anteriores realizados sobre a cultura em condições semelhantes às da região de Nampula, fornecendo a base teórica para a pesquisa.
- **Capítulo 3: Materiais e Métodos** - Este capítulo descreve detalhadamente o local do estudo, o delineamento experimental e os métodos utilizados para a coleta e análise dos dados. Explicam-se os materiais empregados, a selecção das populações F2 de feijão nhemba e as técnicas de análise estatística aplicadas para avaliar o ciclo vegetativo e o rendimento das linhagens.
- **Capítulo 4: Resultados, Análise e Discussão** - Neste capítulo, apresentam-se e discutem-se os principais resultados do estudo, incluindo o desempenho das linhagens seleccionadas, o ciclo vegetativo observado e a produtividade nas condições agroecológicas de Nampula. A análise compara os dados obtidos com estudos prévios e discute as implicações dos achados para o melhoramento genético e a produção do feijão nhemba.
- **Capítulo 5: Conclusões, Inovação e Recomendações** - Neste capítulo, fazem-se as conclusões com base nos resultados obtidos, destacando as contribuições inovadoras do estudo para o melhoramento genético do feijão nhemba. Oferecem-se recomendações para agricultores e pesquisadores, além de sugestões para pesquisas futuras e aplicações práticas no contexto agrícola de Moçambique.
- **Referências Bibliográficas** - Este capítulo apresenta a lista de todas as fontes utilizadas ao longo do trabalho, conforme as normas estabelecidas pela instituição, incluindo livros, artigos científicos e outras publicações académicas que embasam a pesquisa.



## CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem e distribuição de feijão nhemba

Originaria da África Ocidental (Nhampale, 2006), O feijão Nhemba, cientificamente denominado *Vigna unguiculata* (L) Walp, é conhecido em países de língua inglesa como Southern Pea, Black Pea ou Cowpea, enquanto em francês é chamado de Niébé. No Zimbábue, é referido como Nyemba Bean. O feijão nhemba foi domesticado nas savanas da África Central na fase neolítica, expandindo-se depois, para Índia, China, América Central e América do Norte. É uma das culturas mais antigas conhecidas em África, considerando-se uma das espécies mais cultivadas neste continente para alimentação humana (USAID, 2010).

### 2.2. Classificação taxionómica da cultura de feijão nhemba

A cultura do feijão nhemba (*Phaseolus vulgaris* L.) é classificada taxonomicamente na seguinte ordem: Reino Plantae, Divisão Angiospermae, Classe Dicotyledoneae, Ordem Fabales, Família Fabaceae, Género *Phaseolus*, Espécie *Phaseolus vulgaris*. Este feijão é um tipo de leguminosa amplamente cultivada em várias regiões tropicais e subtropicais, incluindo Moçambique, onde é conhecido por sua importância na dieta local e na economia agrícola (Santos et al., 2021).

### 2.3. Produção mundial

O feijão Nhemba (*vigna unguiculata*) é uma das principais leguminosas produzidas em Moçambique e assim como em muitos países das regiões do oeste e central de África (Nigéria, Senegal, Gana, Burkina Faso, Níger e Camarões, Tanzânia, Mianmar). O feijão nhemba também é muito produzido no Brasil, Índia e Estados Unidos de América. A sua importância extrapola aspectos económicos, pela sua relevância enquanto factor de segurança alimentar e nutricional e sua importância cultural na culinária de diversos países e culturas. O conhecimento da fenologia orienta o produtor sobre o momento ideal para determinadas intervenções, como por exemplo a aplicação de pesticidas ou ainda o período mais crítico de controlo de infestantes (Colial et al., 2018).

## **2.4. Importância do feijão nhemba em Moçambique**

Segundo Matavele (2018), a cultura de feijão nhemba em Moçambique desempenha um papel importante na segurança alimentar e na economia rural, sendo produzido principalmente por pequenos produtores nas regiões semiáridas devido a sua resistência a condições climáticas adversas e a sua capacidade de fixar nitrogénio no solo. De acordo com Ribeiro (2019), esta cultura destaca-se não só pela alta densidade nutricional de nutrientes, mais também por suas aplicações medicinais, que incluem o tratamento de diabete.

É importante também porque contém fibra de 6,3%. Este feijão é também uma boa fonte de vitamina tiamina, riboflavina e niacina. Os aminoácidos não são completos, então é importante segmentar o nhemba na dieta com cereais como milho e mapira. Mesmo os restos da planta deste feijão, depois da colheita de vagens, contém muita proteína e servem bem para alimentar animais (Instituto de Investigação Agrária, (IIAM, 2004).

## **2.5. Morfologia da cultura de feijão nhemba**

A morfologia do feijão nhemba é caracterizada por plantas de porte baixo a médio, geralmente com altura entre 30 e 60 cm, folhas compostas trifoliadas e flores pequenas que podem variar em cor, incluindo branco, lilás ou roxo. Os frutos são vagens finas e alongadas que contêm sementes de diferentes cores, frequentemente usadas na culinária local. Esta descrição é baseada nas características observadas no cultivo tradicional em Moçambique, destacando a adaptação da planta ao ambiente local (Macedo et al., 2020).

### **2.5.1. Raízes**

O sistema radicular do feijão nhemba é geralmente profundo e ramificado, o que permite uma boa absorção de água e nutrientes. As raízes principais podem atingir até 30 cm de profundidade, e as raízes laterais são responsáveis pela absorção de nutrientes superficiais (Gama et al., 2020).

### **2.5.2. Caule**

O caule é ereto, robusto e pode variar em altura dependendo da variedade. Em algumas variedades, o caule pode atingir até 50 cm de altura (Kumar et al., 2021).

### **2.5.3. Folhas**

As folhas são trifoliadas, geralmente compostas por três folíolos ovais ou elípticos. Elas desempenham um papel crucial na fotossíntese e variam em tamanho e forma dependendo da cultivar (Santos et al., 2019).

### **2.5.4. Flores**

As flores do feijão Nhemba são hermafroditas e apresentam variações de cor, que podem ser brancas, rosadas ou roxas, e são organizadas em inflorescências do tipo racemo (Mendes et al., 2022). A cultura do feijão Nhemba pode começar a formar botões florais entre 40 e 60 dias após a germinação, dependendo das condições ambientais (Rodrigues et al., 2021). O conhecimento preciso do período para o surgimento dos botões florais no cultivo do feijão Nhemba pode otimizar a produtividade e garantir que os tratamentos sejam aplicados no momento adequado. (Gonçalves et al., 2017)

### **2.5.5. Vagens**

De acordo com Chambers et al., (2021), as vagens do feijão Nhemba são de formato oval, medindo entre 6 e 12 cm de comprimento, e contêm de 3 a 6 sementes. À medida que amadurecem, sua coloração passa de verde para marrom ou bege. Segundo Silva e Silva (2021), o tempo de formação de vagens, como outras variedades de feijão, tem um período de formação de vagens que varia de 60 a 80 dias após a germinação, dependendo das condições climáticas e práticas de manejo. O período de formação de vagens é um factor determinante na produtividade do feijão, influenciando directamente a qualidade e a quantidade do grão produzido. (Andrade & Ferreira 2018). O período necessário para a formação de vagens no feijão é um indicador crítico da duração do ciclo de desenvolvimento da planta, influencia directamente a produtividade e a eficiência do uso dos recursos. (Melo et al., 2020),

### **2.5.6. Frutos**

Os frutos são vagens que contêm de 4 a 6 sementes. As vagens são geralmente achatadas e podem variar em cor e tamanho, dependendo da variedade (Rodrigues et al., 2023). O desenvolvimento do feijão ocorre aproximadamente 15 a 20 dias após a polinização. O tempo necessário para o desenvolvimento completo do fruto de feijão nhemba, desde a polinização até a maturação, é de aproximadamente 20 a 30 dias (Santos et al 2017).

### 2.5.7. Sementes

As sementes do feijão Nhemba geralmente levam de 60 a 90 dias após a emergência para serem produzidas, com essa variação dependendo de factores como clima e manejo. Apresentam uma ampla variedade de cores, formas e tamanhos, reflectindo a diversidade genética da espécie. Em geral, são pequenas a médias, com textura lisa (Silva et al., 2022).

### 2.6. Fenologia da cultura de feijão nhemba

A **tabela 1** apresenta as diferentes fases fenológicas do feijão Nhemba, detalhando cada estágio de desenvolvimento da planta, juntamente com sua duração aproximada de acordo com Agro e Silva (2022).

**Tabela 1. Fenologia da cultura de feijão Nhemba**

Estágio Fenológico	Descrição	Duração aproximada
Germinação	O início da germinação ocorre geralmente 5-7 dias após a sementeira	5 – 7 Dias
Desenvolvimento vegetativo	Formação das primeiras folhas verdadeiras e crescimento vegetativo.	15-30 Dias
Floração	Início da floração, com flores que surgem em cachos.	30-45 Dias
Frutificação	Formação de vagens e desenvolvimento dos grãos.	45-60 Dias
Maturação	Vagens amadurecem e os grãos atingem o estágio de maturidade para a colheita.	60 - 90 Dias

---

### 2.7. Método de propagação

A cultura do feijão Nhemba é propagada por sementes. Para garantir o vigor do material, é necessário realizar tratamentos preventivos com fungicidas e inseticidas, tanto antes do armazenamento quanto antes da sementeira.

### 2.8. Exigências agro- climáticas

O nhemba é uma cultura menos exigente quanto as características agroclimáticas do local cultivado, por vezes cultivados em solos ácidos e/ou menos férteis, solos pesados muito férteis pode- se dar um excesso de crescimento vegetativo, sensível ao alagamento e a salinidade, conduzido ao baixo rendimento de grão. As características físicas- químicas do solo também

influenciam no desenvolvimento do feijoeiro e devem ser levadas em consideração para o planeamento do cultivo.

### **2.8.1. Temperatura**

O feijão nhemba cresce melhor durante o verão. A temperatura requerida para a semente germinar é cerca de 20°C e 21°C e 30°C para o crescimento de folhas. A temperatura óptima para o desenvolvimento é de cerca de 30°C. Dependendo da variedade a floração pode iniciar 30 dias após a sementeira quando cultivado a uma temperatura de cerca de 30°C.

### **2.8.2. Fotoperíodo**

O fotoperíodo é essencial para o desenvolvimento e produtividade do feijão nhemba, uma variedade cultivada em Moçambique. Este feijão pode adaptar-se a diferentes durações de luz, mas geralmente necessita de 12 a 14 horas de luz por dia para maximizar a floração e o crescimento dos grãos. Um manejo adequado do fotoperíodo pode melhorar a sincronização da colheita e aumentar o rendimento da cultura. (Mugabe et al., 2020).

### **2.8.3. Solos**

Mozambican Agricultural Research Institute, (2020), os solos ideais para o cultivo do feijão nhemba são aqueles bem drenados e com boa capacidade de retenção de água, apresentando pH neutro a ligeiramente ácido (5,5 a 6,5). Solos argilosos ou arenosos, ricos em matéria orgânica, proporcionam condições ótimas para o crescimento das raízes e o desenvolvimento da planta. Em contraste, solos compactados ou com drenagem inadequada podem causar apodrecimento das raízes e diminuir a produtividade.

### **2.8.4. Humidade relativa**

Macedo et al., (2019), a umidade relativa é fundamental para o desenvolvimento do feijão nhemba, com valores ideais situados entre 50% e 70% para promover uma boa germinação e crescimento. Níveis insuficientes de umidade podem comprometer a absorção de água e nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das vagens e diminuindo o rendimento da colheita. Além disso, manter a umidade adequada ajuda a prevenir doenças fúngicas que podem afetar a qualidade do feijão.

### **2.8.5. Precipitação**

O feijão nhemba requer uma quantidade de água no solo que seja suficiente para o seu desenvolvimento e manutenção, sobretudo nas etapas mais fundamentais como germinação,

emergência, floração e enchimento de grãos. Esta cultura, quando submetida a estresse hídrico, apresenta redução na área foliar e aumento da resistência estomática, afectando o rendimento por causa da redução de actividade de fotossíntese e elevados índices de respiração. Quando há diminuição de água no período de floração, poderá haver redução a viabilidade do grão de pólen, no número de flores viáveis, no tamanho de vagens, no número de vagens e de sementes por vagem. Pode ser produzido satisfatoriamente com uma precipitação anual de cerca de 400 a 750 mm (Colial et al., 2018).

## 2.9. Maneio integrado de infestantes, pragas e doenças

### 2.9.1. Infestantes

A principal prioridade para o produtor depois da emergência é manter o campo livre de infestantes. As plântulas de feijão nhemba são muito sensível a competição com infestantes e pode reduzir drasticamente os rendimentos da cultura. A aplicação de herbicidas pré/ou pós-emergente, ajuda a controlar as infestantes anuais. A *Alectra vogelli* é a principal infestante parasítica que infesta o nhemba pode ser manual (por meio de enxada), mecânica (tracção animal ou uso de tractores) e químico (uso de herbicidas). O mais efectivo é a aplicação de herbicida pré-emergente seguido duma sacha ou duas sachas manuais ou mecânicas (Colial et al., 2018).

### 2.9.2. Pragas e métodos de controlo

A **tabela 2** descreve as fases da cultura, as principais pragas que afetam cada fase, os danos causados por essas pragas e os meios de controlo recomendados.

**Tabela 2. Fase da cultura, pragas, danos e controlo**

Fases da cultura	Principais pragas	Danos causados	Meios de controlo
Vegetativa	Térmites, afídios	Corte basal da planta	Métodos físicos, biológicos, culturais.
Floração e formação de vagem e maturação	Lagartas( <i>Helicoverpa armígera</i> , <i>Maruca spp</i> ) e besouro das flores	Flores e vagens furadas (redução da quantidade)	Método biológico, físicos e culturais.
Maturação fisiológica	Sugadores( <i>clavigralla spp</i> , <i>nezara spp</i> , <i>Anoplocloemis</i> )	Vagens e sementes sugadas (redução da qualidade)	Métodos físicos biológicos e culturais

Fases da cultura	Principais pragas	Danos causados	Meios de controle
Armazenamento	Bruchideos, ratos	Grãos furados (redução da qualidade e quantidade)	Método físico, produtos naturais, celeiros melhorados.

## 2.10. Melhoramento de feijão Nhemba

Melhorar a qualidade nutricional do feijão nhemba pode contribuir significativamente para a saúde das populações que dependem desse alimento como uma principal fonte de proteínas e nutrientes (João & Ribeiro, 2019). O melhoramento genético do feijão nhemba deve focar na adaptação às condições climáticas variáveis para garantir a resiliência das culturas frente às mudanças climáticas (Nhamo & Moyo, 2020). O melhoramento genético do feijão nhemba é essencial para aumentar a produtividade e garantir a segurança alimentar em regiões tropicais onde este cultivo é uma importante fonte de proteínas (Mbanasor & Uwaifo, 2022).

Segundo Santos et al., (2020), que realizaram um estudo relacionado a cruzamentos controlados entre acessos de feijão nhemba e observaram incrementos de até 20% no rendimento de grãos, quando comparado a acessos não cruzados, evidenciando a importância do melhoramento genético em leguminosas para regiões tropicais. Diversos acessos de feijão nhemba já foram avaliados quanto ao seu rendimento. Em um estudo realizado por Badiane et al. (2014), foi relatado que o rendimento do feijão nhemba variou significativamente entre os acessos analisados, com alguns alcançando até 1,8 toneladas por hectare em condições experimentais. Esses acessos apresentaram características como maior número de vagens por planta, maior número de grãos por vagem e maior massa de grãos, factores diretamente relacionados ao rendimento final. A polinização cruzada é essencial para a diversidade genética e a produtividade do feijão nhemba. Esse processo permite que diferentes plantas troquem pólen, resultando em sementes com características variadas. Essa variação genética ajuda os agricultores a desenvolverem variedades mais adaptadas às condições locais. Além disso, promove maior resistência a doenças e melhor desempenho nas colheitas. Assim, a polinização cruzada contribui significativamente para a resiliência das culturas. (Santos et al., 2021),

De acordo com Mwale et al. (2018), investigaram cruzamentos em feijão nhemba e verificaram que acessos com pólen viável e alta receptividade do estigma produziram híbridos com maior tolerância à seca e maior produção de biomassa, resultando em uma média de 1,5 t/ha de produção, significativamente superior aos rendimentos de acessos não cruzados. A polinização cruzada não apenas melhora a variabilidade genética das populações de feijão, mas também

contribui para o aumento da adaptação e resistência a estresses bióticos e abióticos (Santos et al., 2018). Os cruzamentos entre diferentes linhagens de feijão nhemba, considerando a compatibilidade entre o pólen e a estigma, são essenciais para otimizar a polinização e, assim, aumentar a produtividade e a qualidade das sementes (Silva et al., 2020).

Em seus estudos demonstraram que a taxa de polinização cruzada pode elevar os rendimentos em até 30% em certas condições, dependendo da densidade de plantio e das práticas de manejo. Essa técnica é particularmente relevante em regiões como Moçambique, onde a diversidade genética pode ser explorada para melhorar a resistência a pragas e doenças. Silva et al. (2019). De acordo com Santos e Oliveira (2018), reforça que o ciclo precoce, aliado à resistência a doenças e à adaptação a solos pobres, é uma das principais vantagens das novas variedades de feijão nhemba em comparação com as tradicionais. As variedades não melhoradas, por outro lado, embora bem adaptadas a condições locais específicas, muitas vezes apresentam menor produtividade e maior suscetibilidade a estresses ambientais.

## 2.11. Seleção de Linhas Puras da população segregante F2

De acordo com Hallauer et al., (2010), a seleção de linhas puras a partir da F2 é uma das técnicas mais empregadas no melhoramento genético de plantas, sendo particularmente relevante em leguminosas como o feijão nhemba, devido à sua natureza autógama. (Hallauer et al., 2010), Para a seleção de linhas puras a partir da população F2 é vital para o sucesso do melhoramento do feijão nhemba, uma vez que contribui para a obtenção de linhagens estáveis e produtivas (Futakuchi & Tobita 2020)

Seleção de linhas puras de feijão nhemba (*Vigna unguiculata*) a partir de populações segregante visando alto rendimento e alta qualidade de semente para obtenção da população da segunda geração, primeiramente é necessário cruzamento e obtenção de F1, em que Inicia-se cruzando os genitores com características desejáveis em relação ao rendimento e qualidade da semente para obter a população F1. Alguns dos procedimentos e conceitos relacionados estão descritos da seguinte forma:

- **Seleção de genótipos promissores:** segundo Linhares et al., (2018), a seleção de genótipos promissores é crucial para o desenvolvimento de linhas puras de feijão nhemba com alto rendimento e qualidade de semente.
- **Melhoramento genético:** de acordo com Ng'uni et al., (2016), o melhoramento genético é essencial para desenvolver linhas puras de feijão nhemba que atendam as

demandas dos produtores e consumidores, enfatizando características como produtividade e qualidade de semente.

- **Métodos de selecção:** estudos de Mupangwa et al., (2019), demonstraram que a combinação de métodos de selecção como massal, selecção individual e selecção familiar é eficaz para desenvolverem linhas puras de feijão nhemba com características desejáveis.
- **Geração F2:** cruzar os genitores seleccionados para produzir uma população F2.
- **Avaliação e selecção na geração F2:** realizar uma nova avaliação fenotípica na geração F2, identificando e seleccionando indivíduos com características superiores de rendimento e qualidade de semente.
- **Adaptabilidade ao ambiente:** segundo Mupangwa et al., (2019), é importante seleccionar linhas puras de feijão nhemba que sejam adaptadas a uma ampla gama de condições ambientais, visando garantir estabilidade de rendimento e qualidade da semente.

## 2.12. Ciclo vegetativo

A manutenção de um stand final próximo ao inicial é fundamental para maximizar a produtividade das leguminosas, incluindo o feijão nhemba, em condições de cultivo no sul de Moçambique. (Oliveira et al., 2018) O stand inicial e o stand final são indicadores críticos da eficiência do manejo agronómico e da adaptabilidade de cultivares ao ambiente de cultivo. A colecta de dados deve ser feita de forma sistemática, utilizando linhas de plantio pré-determinadas para garantir a representatividade dos resultados. (Pereira et al., 2015),

O dia de emergência da cultura de feijão nhemba refere-se ao período que leva para as sementes germinarem e as plântulas emergirem após o plantio. Esse período pode variar dependendo de factores como a temperatura do solo, humidade e qualidade das sementes. A emergência de feijão nhemba pode ser influenciada pela temperatura do solo e pela humidade, com uma média de 5 a 10 dias após a sementeira. (Andrade & Oliveira, 2019).

A cultura de feijão nhemba pode começar a foral botões florais aproximadamente 40 a 60 dias após a germinação, dependendo das condições ambientais. (Rodrigues et al., 2021), O conhecimento exacto dos dias para a formação de botões florais na cultura de feijão nhemba pode otimizar a produtividade e garantir que os tratamentos sejam executados no momento adequado. Evitando perdas por pragas e estresse hídrico no momento crítico da floração e que

esta variável e um dos indicadores do ciclo da cultura de feijão nhemba, sendo determinante para o sucesso da cultura em diferentes zonas agro-ecológicas. (Gonçalves et al., 2017),

A cultura de feijão nhemba é uma planta de dias curtos, o que significa que a floração é estimulada quando os dias são mais curtos que as noites. A indução floral no feijão nhemba é fortemente influenciada pelo fotoperíodo, com o início da floração ocorrendo quando a duração da noite atinge um ponto crítico. (Singh & Ehlers 2017),

Para Silva (2015), os dias de formação de flores no feijão nhemba, é uma variável muito importante no ciclo e desenvolvimento de feijão nhemba, o tempo que a planta leva para começar a formação de flores pode determinar a sua capacidade de escapar de estresses abióticos como seca e altas temperaturas que são comuns em regiões semiáridos. Além disso, a sintonia entre a floração e a disponibilidade de recursos, como água e nutrientes é importante para garantir o bom desempenho reprodutivo e como consequência boa produtividade. Em estudos realizados por Lima e Santos (2018), sobre o cultivo de feijão nhemba, a formação de flores geralmente ocorreu entre 30 a 50 dias após o plantio, dependendo das condições ambientais e das variedades.

Segundo Silva e Silva (2021), o tempo de formação de vagens, como outras variedades de feijão, tem um período de formação de vagens que varia de 60 a 80 dias após a germinação, dependendo das condições climáticas e práticas de manejo. Para Andrade e Ferreira (2018), afirmam que o período de formação de vagens é um factor determinante na produtividade do feijão, influenciando directamente a qualidade e a quantidade do grão produzido. O período necessário para a formação de vagens no feijão é um indicador crítico da duração do ciclo de desenvolvimento da planta, influencia directamente a produtividade e a eficiência do uso dos recursos. A compreensão e o manejo adequado deste parâmetro são fundamentais para a optimização da produção e a redução de perdas. (Melo et al., 2020),

De acordo com Santos et al., (2017), o desenvolvimento do feijão ocorre aproximadamente 15 a 20 dias após a polinização. Mas para Santos et al., (2021). O tempo necessário para o desenvolvimento completo do fruto de feijão nhemba, desde a polinização até a maturação, é de aproximadamente 20 a 30 dias. Os dias de formação do fruto são fundamentais para a gestão do ciclo produtivo do feijão nhemba, influenciando directamente o rendimento e a qualidade dos frutos (Silva, 2022). Em concordância com Silva e Oliveira (2021), o tempo de formação do fruto é um componente crítico do ciclo de desenvolvimento das plantas de feijão, influencia não apenas no rendimento, mais também a qualidade dos grãos e a gestão das práticas agrícolas.

O conhecimento preciso desse período é importante para otimizar as práticas de cultivo e garantir a colheita eficiente. A colecta de dados sobre a formação de frutos em feijão nhemba envolve a identificação da formação de vagens, acompanhamento do desenvolvimento dos frutos e registo da maturação completa. Cada fase deve ser cuidadosamente registada para garantir precisão nas análises futuras (Silva et al., 2020).

O peso de 100 sementes é uma variável essencial no processo de selecção de variedades de feijão, pois influencia directamente a produtividade e a qualidade das sementes, além de ser um indicativo da adaptação da planta a diferentes condições ambientais. (Araújo et al., 2012), O peso de 100 sementes de feijão nhemba em Moçambique pode variar entre 180 e 250 gramas. Esse intervalo de peso é um indicador crucial para a avaliação da qualidade das sementes e influencia directamente as práticas de cultivo. O peso das sementes afecta a densidade de plantio, o espaçamento entre as plantas e a taxa de germinação, factores que são essenciais para maximizar a produtividade e a saúde das plantas. O conhecimento preciso desse parâmetro permite ajustes nas práticas de manejo para otimizar o rendimento da colheita e garantir uma produção mais eficiente. (Mupunga et al., 2021),

O peso de 100 sementes de feijão nhemba varia tipicamente entre 10 e 20 gramas, dependendo da variedade e das condições de cultivo (Fageria et al., 2010), Para determinar o peso de 100 sementes, deve-se contar as sementes cuidadosamente, limpar e pesá-las com precisão para obter uma média confiável do peso das sementes (Vargas et al., 2022).

O rendimento é uma variável crucial no cultivo do feijão nhemba, pois determina a eficiência produtiva e a viabilidade económica da cultura, além de ser um indicador chave para a implementação de melhorias agronómicas e programas de melhoramento genético (Araujo & Silva, 2020). Segundo o INIA (2021), rendimento do feijão nhemba (*Vigna unguiculata*) em Moçambique pode variar significativamente dependendo das práticas agrícolas, condições climáticas, e a região em que é cultivado. Em geral, os rendimentos podem variar de 300 a 1.500 kg/ha. Em sistemas de cultivo mais intensivo e com boas práticas agrícolas, o rendimento pode ser maximizado, alcançando valores próximos ao limite superior dessa faixa.

Para calcular o rendimento de uma cultura agrícola, deve-se medir a área de amostragem e pesar a produção total, dividindo o peso total pelo tamanho da área em hectares para obter o rendimento em kg/ha (Smith, 2020).



## **CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Descrição do local de estudo**

#### **3.1.1. Local dos cruzamentos**

Os cruzamentos dos parentais foram realizados na província de Nampula, especificamente no distrito homónimo, localizado ao norte dos distritos de Mecuburi e Muecate, ao sul de Mogovolas, a leste de Meconta e a oeste de Murrupula. Nampula é uma cidade situada no norte de Moçambique. Seu clima é caracterizado como tropical húmido, com temperaturas elevadas durante todo o ano. A estação chuvosa ocorre de Novembro a Abril, enquanto a estação seca, de Maio a Outubro, apresenta temperaturas um pouco mais amenas e menos precipitação. A média anual de precipitação em Nampula é de aproximadamente 1200 mm, sendo que os meses mais chuvosos se concentram entre Dezembro e Março. O solo predominante na cidade de Nampula e nas áreas circundantes é geralmente classificado como latossolo. Este tipo de solo é profundo, bem drenado e rico em minerais, o que o torna adequado para o cultivo de diversas culturas agrícolas. Os latossolos são frequentemente encontrados em regiões tropicais (MAE, 2005).

#### **3.1.2. Descrição do Local da condução do ensaio**

O estudo foi realizado em condições de campo, de Janeiro a Abril, no campo experimental do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, localizado no Centro Zonal Nordeste, no posto administrativo de Namachilo, distrito de Nampula. As coordenadas geográficas do local são 15° 16' 38" de latitude sul e 39° 19' 5" de longitude leste, com uma altitude de 372 metros acima do nível médio do mar.

##### *3.1.2.1. Solos predominantes*

De acordo com MAE (2005), o distrito é caracterizado pela ocorrência de solos profundos, que apresentam uma textura franco-arenosa a argilosa, com a coloração predominantemente castanha a vermelha.

##### *3.1.2.2. Clima*

Durante a condução do ensaio, as condições climáticas apresentaram variações. A precipitação total registrada no período foi de 1.402,7 mm, com uma média mensal estimada em aproximadamente 173,8 mm. O maior pico de chuvas ocorreu em março, quando 66 mm de precipitação foram registrados em apenas 24 horas.

O clima em Muriaze, assim como na maior parte da província de Nampula, é classificado como tropical úmido. Isso significa que a região experimenta temperaturas elevadas ao longo do ano, com uma estação chuvosa que se estende de novembro a abril. Durante a estação seca, de maio a outubro, as temperaturas tendem a ser um pouco mais amenas, com menor incidência de chuvas.

### 3.2. Matérias

Este estudo utilizou genótipos fornecidos pelo Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), localizado em Nampula. A **tabela 3** apresenta uma lista dos genótipos utilizados como parentais no estudo, destacando suas características e a coloração dos grãos.

**Tabela 3. Material genético usado no estudo**

Genótipos (usados pais)	Características dos genótipos	Cor do grão
TVu-1806	Maturação precoce	Castanho avermelhado
TVu-17660	Grossura do caldo	Roxo
IT10K-834-3	Alto rendimento de grãos e tamanho de grãos grande	Manchado
IT10K-817-1B	Alto rendimento de grãos	Castanho avermelhado
TVu-328	Curto tempo de cozedura	Manchado
MWcp24	Alto rendimento de grãos e tamanho de grãos grande	Castanho avermelhado
Tvu-3533	Ferro	Castanho
MWcp64	Tamanho do grão grande e precocidade na maturação	Castanho

Durante o processo de cruzamento, foram utilizadas pinças para facilitar a abertura das flores e a deposição do pólen. O álcool foi empregue para desinfetar as mãos e as pinças, prevenindo a contaminação por restos de pólen de outros parentais não desejados. Uma fita métrica de 100 metros foi utilizada para garantir medições precisas, enquanto cordas ajudaram a criar linhas de sementeiras rectas e uniformes. Enxadas foram usadas para realizar as sachas, e pulverizadores dorsais com capacidade de 16 litros foram essenciais para a aplicação de pesticidas.

### 3.3. População amostra e amostragem

Neste ensaio, a população varia conforme o número de linhas em cada tratamento. A família que apresentar o maior número de sementes F1 resultantes do cruzamento terá a maior quantidade de plantas, e uma amostra de 100% será colectada, o que significa que os dados serão colectados de todas as plantas. Para Tuberosa e Salvi (2007), destacam que a amostragem de 100% pode fornecer uma visão abrangente das características de resistência ao estresse abiótico, permitindo uma selecção mais precisa e eficaz para o melhoramento de cultivares.

### 3.4. Métodos

#### 3.4.1. Delineamento

O delineamento utilizado neste ensaio é o delineamento completamente causalizado, que inclui 56 famílias F1 e 8 progenitores empregados na formação dos descendentes, com um espaçamento de 75 x 30 cm. Segundo Costa et al., (2015), o delineamento completamente causalizado facilita análise estatísticas de dados e é preferido em experimentos de melhoramento de variedades devido a sua simplicidade e a capacidade de eliminar vieses sistemáticos, especialmente quando as condições experimentais são relativamente homogêneas. A **tabela 4.** apresenta o desenho do viveiro e a codificação das populações segregantes F1, com informações sobre os machos, fêmeas, e o código de cada combinação. Aqui está uma descrição detalhada:

**Tabela 4. Desenho do Viveiro e Codificação**

Macho	Fêmea	População segregante F1	Código	Nr Linhas 5 m
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	1
292	9	MZCP2023NP B118	B118	2
292	9	MZCP2023NP B118	B118	2



Macho	Fêmea	População segregante F1	Código	Nr Linhas 5 m
220	9	MZCP2023NP B154	B154	2
220	9	MZCP2023NP B154	B154	2
220	9	MZCP2023NP B154	B154	2
220	9	MZCP2023NP B154	B154	2
220	9	MZCP2023NP B154	B154	2
220	9	MZCP2023NP B154	B154	2
220	9	MZCP2023NP B154	B154	3
220	9	MZCP2023NP B154	B154	3
		IT10K-834-3	292	1
		TVu-328	9	1
		MWcp64	220	1

### 3.4.2. Condução de ensaio

#### 3.4.2.1. Sementeira dos pais

A sementeira foi realizada em julho de 2023, de forma manual e em etapas, com um intervalo de 10 dias para sincronizar a floração, utilizando uma densidade de 4 sementes por covacho. A primeira fase consistiu em 10 vasos, cada um contendo uma variedade diferente de feijão Nhemba, que foram devidamente etiquetados.

#### 3.4.2.2. Cruzamentos

O cruzamento foi realizado em agosto de 2023, utilizando o método de full alelo, onde um indivíduo cruza com todos os demais e todos os indivíduos cruzam entre si. Esse processo foi feito manualmente, retirando-se os grãos de pólen de um indivíduo para cruzá-los com outro de variedade e características diferentes. Esse cruzamento envolve indivíduos que apresentam pelo menos uma característica desejada tanto pelo pesquisador quanto pelos produtores. Ao final de cada cruzamento, é importante colocar uma etiqueta identificando as variedades utilizadas para a obtenção da nova vagem.

#### 3.4.2.3. Colheita

A colheita ocorreu em outubro de 2023. Este processo exige grande atenção para evitar a mistura de sementes provenientes de cruzamentos entre variedades diferentes que não pertencem à mesma família. Durante a colheita, foi fundamental observar as etiquetas, e, após a colecta, é necessário etiquetar as sacolas onde as sementes serão armazenadas.

#### 3.4.2.4. Preparação de campo

A lavoura foi realizada em 15 de Janeiro de 2024, utilizando um método mecanizado usando uma charrua de discos lisos. O objectivo dessa técnica é melhorar a aração do solo e facilitar a absorção de água e nutrientes minerais. Oliveira et al., (2020), o preparo adequado do solo é

crucial para a cultura do feijão nhemba, pois garante uma estrutura ideal para a germinação e desenvolvimento das raízes, promove uma boa aeração e facilita a absorção de nutrientes e água. Pesquisas indicam que o preparo inadequado pode resultar em problemas como compactação, drenagem deficiente e redução no crescimento das plantas.

#### 3.4.2.5. *Sementeira*

A sementeira para este ensaio foi realizada manualmente no dia 16 de janeiro de 2024. Após a preparação do campo e a demarcação cuidadosa com instrumentos como fita métrica e bitolas, foi colocada uma semente por covacho. Para isso, utilizou-se um compasso com medidas de 75 cm x 30 cm, assegurando rigor e atenção durante todo o processo.

#### 3.4.2.6. *Sacha*

Foram realizadas três sachas manuais com o auxílio de enxadas, devido ao espaçamento estreito, o que tornava as plantas suscetíveis a danos mecânicos. O objectivo da sacha era manter a área experimental livre de ervas daninhas e reduzir a necessidade de herbicidas.

#### 3.4.2.7. *Tratamentos fitossanitário*

Para prevenir danos consideráveis à cultura, foram realizadas duas pulverizações com inseticida: a primeira em 22 de janeiro de 2024 e a segunda em 22 de fevereiro. O inseticida de contato Decis Forte foi utilizado para evitar o ataque de pragas e possíveis doenças que poderiam afetar o rendimento da cultura.

#### 3.4.2.8. *Adubação*

Para estimular o crescimento, melhorar a floração e aumentar a produtividade, realizou-se uma adubação foliar com NPK no dia 22 de fevereiro de 2024, fornecendo nutrientes diretamente às folhas das plantas.

#### 3.4.2.9. *Colheita*

A colheita foi realizada manualmente no dia 10 de abril, após a cultura atingir sua maturação fisiológica. As sementes de cada planta foram colhidas individualmente, separadas e devidamente etiquetadas.

#### 3.4.2.10. *Secagem, debulha e armazenamento*

A secagem foi realizada logo após a colheita. O feijão-nhemba foi disposto sobre sacos plásticos e mantido à sombra por dois dias para completar a secagem, já que havia sido retirado do campo parcialmente seco. Esse procedimento facilitou a perda de umidade e evitou danos causados pela exposição ao sol. Após a secagem, os grãos foram debulhados, colocados em sacos plásticos e devidamente identificados.

### 3.4.2.11. Pesagem

A pesagem foi realizada no mês de Maio com auxílio de uma balança de precisão, com o objectivo de determinar o peso das sementes de feijão nhemba, e com o mesmo obter o rendimento do feijão nhemba por hectare, de acordo com a **tabela 5**.

**Tabela 5. Critério de definição de parâmetros em estudo**

<b>Rendimento de grão</b>	Alto (A)	$\geq 2$ ton/ha
	Médio (M)	$\geq 1.5$ a $< 2.0$ ton
	Baixo (B)	$< 1.5$ ton
<b>Tamanho da semente (peso de 100 sementes)</b>	Grande (G)	$\geq 20$ g
	Médio (M)	$\geq 15$ g a $< 20$ g
	Pequeno (P)	$< 15$ g
<b>Precocidade</b>	Tardio (T)	$\geq 90$ dias
	Médio (M)	$\geq 70$ a $< 90$ dias
	Precoce (P)	$< 70$ dias

## 3.5. Parâmetros de medição e observação

### 3.5.1.1. Parâmetros coletados nos parentais

#### 3.5.1.2. Número de vagens por pedúnculo

O número de vagens por pedúnculo, foi coletada durante do estágio da maturação da planta. A partir de uma amostra selecionada representativa das plantas para contagem, esta coleta foi feita cuidadosamente para evitar danos e os pedúnculos foram examinados manualmente para facilitar a contagem do número das vagens por pedúnculo. Segundo Silva, A. C., Oliveira, J. A., & Santos, M. A. (2015), o número de vagens por pedúnculo é um factor crítico na determinação da produtividade das leguminosas, incluindo o feijão. A avaliação deste parâmetro durante a maturação é fundamental para entender o potencial produtivo das plantas.

#### 3.5.1.3. Número de vagens por planta

O numero de vagens por planta da cultura de feijão nhemba, foi coletado também durante o período da maturação, onde selecionou-se umas amostra representativas e a coleta foi feita manualmente, cuidadosamente dentro das plantas amostradas, pois cada planta contem um certo numero específicos de vagens. De acordo com Oliveira e Sousa (2020), afirmam que uma coleta do número de vagens manual, especialmente no período de maturação, permite observar o número de vagens por planta de uma forma precisa, contribuindo para estimativas confiáveis do rendimento do feijão.

#### 3.5.1.4. Comprimento de vagens

Para o comprimento das vagens da cultura de feijão nhemba, coletou-se manualmente durante o estágio da maturação das plantas, para obter medidas precisas, selecionou-se uma amostra representativa de vagens de diferentes plantas amostradas completamente desenvolvidas e secas. A medição foi feita utilizando um diastimetro para garantir a precisão. Para Zeng, Wu e Shen (2017), a medição do comprimento de vagens completamente desenvolvidas, garante uma avaliação precisa das características fenotípicas das leguminosas.

#### 3.5.1.5. Altura da planta

A altura da planta de feijão nhemba, envolveu medir a distância a base do caule até o ponto mais alto da planta. Esse processo foi realizado em varias plantas dentro de uma área de amostragem representativa para obter uma media precisa. As medições foram feitas manualmente com o uso de um diastimetro durante o ciclo do crescimento. A medição de altura devem ser realizadas em amostras representativas para garantir a precisão dos resultados, utilizando fita métrica como um dos instrumentos de medição (Silva & Santos, 2018).

#### 3.5.1.6. Índice foliar

O índice foliar na cultura de feijão nhemba foi coletado medindo a área foliar das plantas para avaliar a saúde, eficiência na fotossíntese e produtividade. Esse índice foi determinado por métodos diretos, como a medição manual das folhas (usando régua). Essa prática permite otimizar o manejo de recursos, como água e nutrientes, e avaliar o impacto de estresses ambientais. Segundo Nderitu, J. H., Otieno, J. A., & Ndung'u, J. K. (2019), enfatizam que a medição direta da area foliar, incluindo métodos manuais pode fornecer Insight valioso sobre a saúde da planta e sua necessidade nutricional.

#### 3.5.1.7. Dias para a início da floração, formação de vagens e maturação fisiológica

Para esta variável, os dados foram colhidos de uma forma faseada para melhor controlo e ajudar na tomada de decisão, em que se colheu a partir de formação da primeira flor até atingir quase 100% de floração das plantas e foi observada junto com a cor da flor. Segundo Lima (2022), o monitoramento da floração em feijoeiro é fundamental para compreender o desenvolvimento da cultura e programar práticas agrícolas como irrigação e adubação para maximizar a produtividade. A coleta sistemática de dados nas fases de formação do botão floral, início da antese, e plena floração permite um acompanhamento preciso do ciclo fenológico da cultura, essencial para o manejo eficiente.

Para a variável dias para a formação de vagens também se colheu de uma forma faseada para facilitar na tomada de decisão, colheu-se a partir do início da formação de vagens até a maturação do fruto. A coleta de dados sobre a formação de frutos em feijão nhemba envolve a identificação da formação de vagens, acompanhamento do desenvolvimento dos frutos e registro da maturação completa. Cada fase deve ser cuidadosamente registrada para garantir precisão nas análises futuras (Silva et al., 2020).

#### *3.5.1.8. Peso de semente*

A coleta de dados do peso de 100 sementes de feijão nhemba foi realizada a partir da selecção de uma amostra representativa de sementes no estágio da maturação, onde foram pesadas em uma balança de precisão para garantir a exatidão dos dados. A média do peso das 100 sementes foi utilizada como um indicador do tamanho e da densidade da semente, características que influenciam diretamente o rendimento da cultura. Segundo Teixeira, Nascimento e Lima (2019), o peso das 100 sementes é um dos fundamentais factores que contribuem no crescimento e no rendimento das plantas, pois sementes maiores normalmente têm um melhor potencial de emergência e estabelecimento.

#### *3.5.1.9. Rendimento do grão*

Para esta variável colheu-se todas as sementes amostradas dividiu-se pela área que já era conhecida que convertida em hectares e o peso convertido em kg. Para calcular o rendimento de uma cultura agrícola, deve-se medir a área de amostragem e pesar a produção total, dividindo o peso total pelo tamanho da área em hectares para obter o rendimento em kg/ha (Smith, 2020).

### **3.5.2. Parâmetros coletados na população F2**

#### *3.5.2.1. Dias para a floração*

Para essa variável, os dados foram coletados de forma gradual na população segregante de F2, visando um controle mais eficiente e auxiliando no processo de decisão. A coleta iniciou na formação das primeiras flores e continuou até que aproximadamente 100% das plantas estivessem em plena floração, observando-se também a coloração das flores. Conforme mencionado por Lima (2022), monitorar a fase de floração do feijoeiro é crucial para entender o progresso da cultura e programar intervenções agronômicas, como irrigação e fertilização, a fim de otimizar a produtividade. A coleta estruturada durante as etapas de formação dos botões florais, início da abertura das flores e floração plena possibilita uma análise detalhada do ciclo fenológico da planta, essencial para o manejo eficaz.

### 3.5.2.2. *Tamanho do grão*

A determinação do tamanho do grão baseou-se no peso de 100 semente. Essa base contou com a contagem de 100 retiradas das vagens coletadas nas plantas amostradas de seguida calcular a média. Secagem da semente caso ela esteja húmida até atingir uma humidade constante, através de uma balança de precisão é feita o peso de 100 sementes e anotada em gramas. Segundo Vargas et al., (2022), para determinar o peso de 100 sementes, deve-se contar as sementes cuidadosamente, limpar e pesá-las com precisão para obter uma média confiável do peso das sementes.

### 3.5.2.3. *Rendimento do grão*

Para esta variável, todas as sementes amostradas foram coletadas e seu peso total foi dividido pela área previamente medida, a qual foi convertida para hectares, e o peso para quilogramas. Para determinar o rendimento de uma cultura agrícola, é essencial medir a área da amostra e o peso total da produção; ao dividir o peso total pela área em hectares, obtém-se o rendimento expresso em kg/ha (Smith, 2020).

## **3.6. Processamento e Análise de dados**

Para o processamento e análise de dados, primeiramente os dados coletados foram lançados na planilha Excel, onde foram organizados e preparados para serem processados pelo pacote estatístico de SAS e por sua vez analisados e interpretado da melhor forma possível e facilitando assim a percepção e não só, fez-se também a comparação de correlação entres as variáveis para se poder perceber qual foi a tendência dos dados em relação ao rendimento. O uso do SAS em estudos agrônômicos permite uma análise detalhada dos dados experimentais, possibilitando a identificação de factores críticos que influenciam a produtividade das culturas, como demonstrado em pesquisas com feijão nhemba (Smith, 2019). A análise de correlação foi realizada utilizando o software SAS, que permitiu identificar as relações entre as variáveis coletadas (SAS Institute Inc., 2023).

### 3.6.1. Coeficiente de variação

A **Tabela 6** classifica o coeficiente de variação (CV) em três categorias principais, com base na faixa de valores do CV, de com (Montgomery, 2012)

**Tabela 6. Coeficientes de variação**

<b>Classificação</b>	<b>Faixa de CV</b>
Baixo	Menor 15%
Medio	Entre 15% a 30%
Alto	Maior que 30%

### 3.7. Limitação do estudo

A obtenção de dados relacionados à precipitação não foi possível devido à falta de equipamentos adequados, o que pode ter resultado em um planejamento inadequado da época de plantio. Neste estudo, optou-se por utilizar informações históricas das épocas de semeadura na região, mas a ausência de dados atuais comprometeu a precisão do planejamento agrícola.

A indisponibilidade de tecnologias avançadas para realizar o cruzamento do grão de pólen com o estigma da flor da cultura do feijão nhemba dificultou o aumento da diversidade genética, que seria essencial para o desenvolvimento de variedades mais resistentes a doenças e pragas.

Além disso, a falta de testes de sabor, devido à quantidade reduzida de sementes, foi um desafio. Variedades com bom potencial agrônômico, mas com sabor insatisfatório, não foram bem aceitas pelo mercado, resultando em perdas econômicas para os produtores. Como as novas variedades não foram testadas quanto ao sabor, houve uma oferta limitada de opções gustativas para os consumidores, o que afetou a diversidade alimentar. A ausência de validação sensorial dificultou a comercialização das colheitas, especialmente em mercados que valorizam a qualidade sensorial.



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS ANÁLISES E DISCUSSÃO

### 4.1. Identificação de parentais adequados para o desenvolvimento de novas linhas puras

#### 4.1.1. Número de vagens por pedúnculo, vagens por planta e comprimento da vagem

A **tabela 7** apresentada oferece uma visão abrangente das características morfológicas de diferentes genótipos de plantas no que se refere a três parâmetros principais: o número de vagens por pedúnculo, o número de vagens por planta e o comprimento médio das vagens em centímetros. Estes parâmetros são fundamentais para avaliar o desempenho de cada genótipo em condições controladas e para entender a variabilidade genética que influencia a produtividade.

**Tabela 7. Resultados médios do número de vagens por pedúnculo, número de vagens por planta e comprimento da vagem (em cm).**

Genótipo	Número de Vagens por pedúnculo		Número de Vagens por planta		Comprimento da vagem (cm)	
	Media	Resultado	Média	Resultado	Média	Resultado
Tvu- 1806	2,58	a	22,4	a	26,46	a
Tvu- 17660	2,26	ab	15,9	ab	25,44	ab
IT10K-817-1B	2,12	abc	14,3	abc	24,34	ab
IT97K-1069-6	1,92	abcd	13,6	abcd	23,92	abc
Tvu-3533	1,88	bcd	10,6	bcde	23,22	abcd
Tvu-328	1,84	bcd	9,9	bcde	22,245	abcd
MWcp 78	1,77	bcd	9,9	bcde	21,76	abcd
IT00K-126-3	1,76	bcd	9,6	bcde	21,52	abcd
IT82E-16	1,72	bcd	7,5	bcde	21,52	abcd
MWcp73	1,63	bcd	6,8	bcde	20,86	abcd
IT10K-834-3	1,62	bcd	6,1	cde	20,6	abcd
MWcp 65	1,58	bcd	5,4	cde	20,08	abcd
MZcp 014	1,56	cd	5,1	de	18,64	abcd
MWcp 69	1,52	cd	4,3	e	16,86	abcd
MWcp 64	1,5	cd	4,2	e	16,64	bcd
MWcp 24	1,48	cd	3,8	e	16,38	bcd
MWcp 49	1,34	d	2,8	e	14,38	cd
MWcp 48	1,26	d	2,8	e	13,82	d
CV (%)	18,8		50,4		22,6	

As médias seguidas pela mesma letra na coluna resultados, indicam que não há diferença significativa entre as médias. As médias seguidas por letras diferentes significa que as médias diferem significativamente.

A análise comparativa entre os genótipos de feijão-nhembá revela importantes diferenças nas médias dos parâmetros avaliados (número de vagens por pedúnculo, número de vagens por planta e comprimento da vagem), refletindo a diversidade genética existente e fornecendo uma base sólida para selecção em programas de melhoramento genético. Ao aprofundarmos a interpretação das médias e dos resultados, é possível compreender melhor o potencial agronómico de cada genótipo e as oportunidades para selecção de características superiores.

#### 4.1.1.1. Número de vagens por pedúnculo

O número de vagens por pedúnculo, uma característica crítica para o potencial reprodutivo da planta (Silva, 2020), apresentou uma amplitude notável entre os genótipos. *Tvu-1806* apresentou o valor mais alto, com uma média de 2,58 vagens por pedúnculo, sugerindo uma capacidade superior de formação de vagens e indicando uma robustez reprodutiva que pode levar a uma maior produtividade (Moraes, 2021). Esse dado é particularmente relevante para programas de melhoramento voltados para o aumento do rendimento, pois mais vagens por pedúnculo significam maior potencial de sementes por planta, factor decisivo em sistemas de cultivo intensivo onde o rendimento máximo é o objectivo principal (Silva, 2023).

Por outro lado, genótipos como *MWcp 49* e *MWcp 48*, com médias de 1,34 e 1,26 vagens por pedúnculo, respectivamente, demonstraram desempenho significativamente inferior, o que pode limitar seu uso em programas que busquem produtividade elevada (Silva, 2020). Essa variação no número de vagens por pedúnculo permite aos programas de melhoramento a selecção de genótipos com base no objectivo do cultivo: genótipos de menor média podem ser seleccionados para sistemas onde a estabilidade e menor investimento em insumos sejam mais valorizados, enquanto genótipos com maior capacidade reprodutiva, como *Tvu-1806*, são preferíveis em sistemas onde o potencial máximo de produção é priorizado (Moraes, 2021). Essa diferença de rendimento pode ser particularmente útil para agricultores que buscam maximizar a produção com menos recursos de manejo, como fertilizantes e irrigação (Pereira, 2022).

#### 4.1.1.2. Número de vagens por planta

O número de vagens por planta apresentou a maior variabilidade entre os genótipos, com um coeficiente de variação de 50,4%. O genótipo *Tvu-1806* também foi o mais produtivo nessa característica, com média de 22,4 vagens por planta, indicando um desempenho significativamente superior ao de outros genótipos, como *MWcp 49* e *MWcp 48*, que tiveram média de apenas 2,8 vagens. Essa diferença de desempenho entre os genótipos revela um

potencial elevado de adaptação genética, pois permite a selecção de variedades mais produtivas para condições de alta capacidade de suporte e o uso de genótipos intermediários em ambientes com menos recursos ou onde a adaptação a estresses é mais crítica.

A selecção de genótipos com valores moderados de vagens por planta, como *IT10K-817-1B* (14,3 vagens) e *Tvu-3533* (10,6 vagens), é especialmente valiosa para regiões sujeitas a estresses abióticos, onde estabilidade e resiliência são fundamentais. Essas regiões podem incluir áreas com maior incidência de secas sazonais ou solos com baixa fertilidade, onde a maximização de rendimento nem sempre é possível, mas a sobrevivência e a adaptação das plantas são fundamentais (Silva et al., 2020). Além disso, a grande variabilidade encontrada para o número de vagens por planta é um indicativo de que há um potencial genético significativo para atender a diferentes objectivos de cultivo: em regiões de alta intensidade produtiva, genótipos de maior média são ideais, enquanto em ambientes onde a sustentabilidade e a resiliência são mais importantes, os genótipos de média intermediária têm vantagens.

#### 4.1.1.3. Comprimento da vagem

O comprimento da vagem é uma característica importante tanto para o rendimento quanto para o valor comercial da produção, uma vez que vagens mais longas tendem a aumentar o peso final da colheita e a atender melhor às preferências de mercado. O genótipo *Tvu-1806*, com uma média de 26,46 cm, apresenta a maior média de comprimento de vagem entre os genótipos avaliados, o que o torna particularmente vantajoso em sistemas que valorizam o rendimento e a qualidade comercial. Esse comprimento permite que o genótipo ofereça maior peso de sementes por planta, aumentando o potencial de comercialização e a competitividade do produto no mercado (Santo et al., 2021).

Genótipos com comprimentos moderados, como *IT10K-817-1B* (24,34 cm) e *IT97K-1069-6* (23,92 cm), podem ser preferidos em sistemas onde a uniformidade é mais valorizada, permitindo a adaptação a ambientes variados sem comprometer a qualidade do produto final. No outro extremo, genótipos como *MWcp 48* e *MWcp 49*, com comprimentos de vagem de 13,82 cm e 14,38 cm, respectivamente, apresentam limitações em termos de rendimento, embora possam ser adequados para mercados de nicho ou sistemas de produção com baixo custo, onde um comprimento menor de vagem é aceitável. Além disso, em programas de melhoramento, essa variação permite a diversificação de produtos, o que possibilita o atendimento de demandas específicas de diferentes mercados, onde o comprimento das vagens pode influenciar diretamente as preferências de consumo (Almeida et al., 2022).

#### 4.1.2. Altura médio de planta em cm e Índice foliar

A **tabela 8** oferece uma análise dos diferentes genótipos em relação a dois parâmetros importantes para o desenvolvimento das plantas: a altura média das plantas e o índice foliar. Esses parâmetros são indicadores de crescimento e vigor, sendo relevantes para a avaliação de cada genótipo em condições específicas de cultivo. Para cada variável, foram calculadas as médias e aplicadas análises estatísticas para identificar diferenças significativas, indicadas pelas letras associadas aos valores de cada genótipo.

**Tabela 8. Resultados médios da altura da planta e índice foliar**

Genótipo	Altura da planta		Índice foliar	
	Media	Resultado	Média	Resultado
Tvu- 1806	58,1	a	606,4	a
Tvu- 17660	57,6	a	586,8	a
IT10K-817-1B	55,5	ab	576,2	a
IT97K-1069-6	54,8	abc	571,3	a
Tvu-3533	53,8	abcd	544	ab
Tvu-328	50,2	abcde	423,2	ab
MWcp 78	48,8	bcdef	417,5	ab
IT00K-126-3	48,1	bcdef	411,8	ab
IT82E-16	46,7	cdef	402,5	ab
MWcp73	45,6	def	393,3	ab
IT10K-834-3	45,3	def	390,9	ab
MWcp 65	41,8	efg	388	ab
MZcp 014	41	fg	356,2	ab
MWcp 69	41	fg	314,2	ab
MWcp 64	34,9	gh	309,8	ab
MWcp 24	28,9	h	282	ab
MWcp 49	20,1	i	261	ab
MWcp 48	16,5	i	180,4	b
CV (%)	9,3		43,86	

As médias seguidas pela mesma letra na coluna resultados, indicam que não há diferença significativa entre as médias. As médias seguidas por letras diferentes significa que as médias diferem significativamente.

##### 4.1.2.1. Altura da planta

A altura da planta é uma característica fundamental, pois influencia a capacidade de interceptação de luz e a competição entre plantas (Silva et al ., 2020). O genótipo *Tvu-1806* destacou-se com a maior média, alcançando 58,1 cm, seguido de *Tvu-17660* com 57,6 cm, ambos classificados no grupo de maior desempenho. Esses valores indicam que esses genótipos têm potencial para desenvolver uma estrutura mais elevada, o que pode ser vantajoso em ambientes de alta densidade, onde a competição por luz é intensa (Oliveira & Costa, 2019).

Genótipos intermediários, como *IT10K-817-1B* com 55,5 cm e *IT97K-1069-6* com 54,8 cm, demonstram um crescimento razoável em altura, podendo ser úteis em sistemas de cultivo onde a altura moderada é desejável para evitar o acamamento e facilitar o manejo. Na extremidade inferior, genótipos como *MWcp 49* e *MWcp 48*, com médias de 20,1 cm e 16,5 cm, respectivamente, apresentaram as menores alturas. Esse porte reduzido pode ser interessante em sistemas de cultivo de baixo porte, onde o manejo mecanizado é necessário, mas limita a capacidade de competição por luz, o que pode ser um factor desvantajoso em densidades mais altas de plantio.

A variabilidade observada na altura da planta, refletida pelo coeficiente de variação (CV) de 9,3%, indica uma diferença moderada entre os genótipos. Esse nível de variação é favorável para programas de melhoramento que busquem genótipos adaptados a diferentes práticas de manejo e tipos de solo, permitindo uma escolha adaptativa para a altura da planta de acordo com o objectivo de cada sistema de cultivo (Santos et al., 2021).

#### 4.1.2.1. Índice foliar

O índice foliar mede a área de folhas da planta em relação ao solo, sendo uma métrica de sua capacidade fotossintética e potencial de produção. *Tvu-1806* apresentou o maior índice foliar, com uma média de 606,4, seguido de *Tvu-17660* com 586,8. Esses valores indicam uma maior área foliar, o que se traduz em uma maior capacidade de interceptação de luz e, conseqüentemente, um potencial fotossintético mais elevado. Esses genótipos são promissores para programas de melhoramento que busquem maximizar o rendimento, pois a maior área foliar tende a aumentar a produção de biomassa e o rendimento de grãos (inserir citação sobre a relação entre índice foliar e rendimento). Outros genótipos, como *IT10K-817-1B* (576,2) e *IT97K-1069-6* (571,3), também apresentaram índices elevados, próximos aos valores mais altos, sugerindo um potencial considerável de produção. No entanto, genótipos como *MWcp 48*, com uma média de 180,4, apresentaram valores bem inferiores, indicando uma área foliar reduzida e, portanto, uma capacidade fotossintética mais limitada. Esse genótipo pode ser desvantajoso em sistemas onde a maximização da produtividade é o objectivo principal, mas pode ser útil em ambientes onde o uso eficiente de recursos, como água e nutrientes, seja desejável.

O índice foliar apresentou um coeficiente de variação elevado, de 43,86%, indicando uma grande variabilidade entre os genótipos. Essa variação é indicativa de uma rica diversidade genética, permitindo a selecção de genótipos com diferentes capacidades fotossintéticas. Essa diversidade é vantajosa em programas de melhoramento que busquem adaptar a cultura a condições variadas de luminosidade, disponibilidade de nutrientes e densidade de plantio, uma

vez que genótipos com maior índice foliar são preferíveis para maximizar o rendimento em condições de alta luminosidade e disponibilidade de água (Almeida & Martins, 2022).

#### 4.1.3. Dias para o início de floração, formação de vagens e maturação fisiológica

A **tabela 9** resume o desenvolvimento fenológico de diferentes genótipos, observando três parâmetros principais: os dias necessários para o início da formação de flores, para o início da formação de vagens e para a maturação fisiológica. Esses dados fornecem uma visão detalhada sobre o ciclo de desenvolvimento dos genótipos, permitindo avaliar a precocidade ou tardeza no desenvolvimento de cada um, aspecto essencial em programas de melhoramento genético e planejamento de cultivos.

**Tabela 9. Resultados médios do número de dias para início da floração, formação de vagens e maturação fisiológica**

Genótipo	Dias para início de formação de flores		Dias para início de formação de vagens		Dias para a maturação fisiológica	
	Média	Resultado	Média	Resultado	Média	Resultado
Tvu- 1806	31	a	36	a	75	A
Tvu- 17660	30,5	ab	35,5	ab	75	A
IT10K-817-1B	28,5	abc	33,5	abc	75	A
IT97K-1069-6	28	bc	33	bc	75	A
Tvu-3533	28	bc	33	bc	75	A
Tvu-328	28	bc	33	bc	75	A
MWcp 78	28	bc	33	bc	75	A
IT00K-126-3	28	bc	33	bc	73,5	Ab
IT82E-16	28	bc	33	bc	73,5	Ab
MWcp73	28	bc	33	bc	71	Ab
IT10K-834-3	28	bc	33	bc	69,5	Abc
MWcp 65	28	bc	33	bc	68,5	Bc
MZcp 014	28	bc	33	bc	64,5	Cd
MWcp 69	27	c	32	c	62	D
MWcp 64	26	cd	31	cd	60,5	D
MWcp 24	26	cd	31	cd	59	De
MWcp 49	26	cd	31	cd	59	De
MWcp 48	24	d	29	d	53	E
CV (%)			3,7			

As médias seguidas pela mesma letra na coluna resultados, indicam que não há diferença significativa entre as médias. As médias seguidas por letras diferentes significa que as médias diferem significativamente.

##### 4.1.3.1. Dias para o início da formação de flores

O tempo para o início da formação de flores é um indicador da precocidade da planta, ou seja, de sua capacidade de iniciar o ciclo reprodutivo mais cedo. Genótipos como *Tvu-1806* e *Tvu-17660* apresentaram médias de 31 e 30,5 dias, respectivamente, sendo classificados entre os de

ciclo mais longo para essa característica. Em contrapartida, *MWcp 48* foi o genótipo mais precoce, com média de 24 dias para o início da formação de flores. Genótipos com médias mais baixas (como *MWcp 69* e *MWcp 64*, com 27 e 26 dias, respectivamente) são vantajosos em regiões onde ciclos curtos são preferidos, como áreas de cultivos limitada ou de maior risco climático, onde a capacidade de antecipar a fase reprodutiva pode ajudar a garantir a produção antes da ocorrência de condições adversas (Freitas, 2021). A variabilidade nos dias para a formação de flores (CV de 3,7%) sugere uma diferenciação sutil entre os genótipos, o que ainda assim permite uma selecção adaptativa para precocidade, especialmente útil em regiões sujeitas a períodos de seca ou chuvas excessivas no fim do ciclo.

#### 4.1.3.2. Dias para o início da formação de vagens

O início da formação de vagens está diretamente relacionado à fase de frutificação, quando a planta começa a alocar recursos para o desenvolvimento dos frutos. *Tvu-1806* e *Tvu-17660* mostraram médias de 36 e 35,5 dias, respectivamente, sendo os genótipos que mais demoraram para iniciar a frutificação. Esse comportamento é interessante para programas de cultivo onde a extensão do ciclo reprodutivo é desejável para maximizar o acúmulo de biomassa antes da frutificação (Souza et al., 2022). Por outro lado, genótipos como *MWcp 48*, com 29 dias para o início da formação de vagens, apresentam uma frutificação mais precoce. Esse ciclo mais curto pode ser vantajoso para regiões onde a estação de cultivo é limitada, permitindo uma produção rápida que se adapta bem a sistemas de plantio de safrinha ou cultivo em áreas com incerteza climática (Costa & Moraes, 2021). Genótipos intermediários, com médias de 33 dias (como *IT10K-817-1B*, *Tvu-3533* e *MWcp 78*), oferecem uma alternativa de ciclo médio, que pode ser uma escolha equilibrada para regiões com condições climáticas moderadas, onde não há uma necessidade extrema de precocidade ou tardeza.

#### 4.1.3.3. Dias para a maturação fisiológica

A maturação fisiológica indica o tempo necessário para que a planta complete o ciclo de crescimento e esteja pronta para a colheita. Genótipos como *Tvu-1806*, *Tvu-17660*, *IT10K-817-1B*, *IT97K-1069-6*, *Tvu-3533*, *Tvu-328* e *MWcp 78* apresentaram 75 dias para a maturação fisiológica, caracterizando-se como genótipos de ciclo mais longo, adequados para sistemas de produção onde o ciclo de cultivo pode ser mais estendido. Genótipos como *MWcp 48*, com média de 53 dias, foram os mais precoces, demonstrando um ciclo significativamente mais curto. Essa precocidade pode ser extremamente vantajosa em regiões de risco climático, onde a antecipação da colheita é desejável para reduzir o impacto de condições adversas (Pereira et al., 2021). Outros genótipos, como *MWcp 69* (62 dias), *MWcp 64* (60,5 dias), *MWcp 24* e *MWcp*

49 (ambos com 59 dias), também demonstram precocidade para a maturação, oferecendo uma boa opção para regiões com estações de cultivo limitadas. Essa variação na maturação fisiológica, com um coeficiente de variação de 3,7%, revela uma ampla base para a seleção de genótipos com ciclos de desenvolvimento adequados para diferentes contextos de manejo e ambientes de cultivo. Genótipos de ciclo mais longo podem maximizar o rendimento em áreas de baixo risco climático (Silva & Almedia, 2020), enquanto os de ciclo curto são ideais para safrinhas e áreas com maior risco de seca ou chuvas excessivas no final do ciclo.

#### 4.1.4. Peso de sementes e rendimento do grão

A **tabela a 10** apresenta uma análise comparativa de diferentes genótipos quanto ao peso médio de sementes (em gramas) e ao rendimento do grão (em kg/ha). Esses parâmetros são importantes para avaliar o potencial produtivo de cada genótipo e sua eficiência em termos de produção agrícola. Cada genótipo foi submetido a uma análise estatística para calcular a média de cada parâmetro e determinar se há diferenças significativas entre eles, as quais são indicadas por letras associadas aos valores.

##### 4.1.4.1. Peso de sementes

O peso das sementes é uma característica importante para a qualidade final do produto, pois sementes mais pesadas geralmente indicam uma melhor formação de grãos e uma maior atractividade no mercado (Silva et al., 2021). O genótipo *Tvu-1806* apresentou o maior peso médio de sementes, com 20,95 g, seguido por *Tvu-17660* e *IT10K-817-1B*, com médias de 17,4 g e 17,05 g, respectivamente. Esses genótipos, com valores elevados, têm o potencial de produzir sementes de alta qualidade, o que pode agregar valor comercial ao produto e atender a demandas de mercado específicas que valorizam grãos mais pesados (Costa & Oliveira, 2020).

Genótipos intermediários, como *Tvu-3533* e *MWcp 78*, com médias em torno de 16,95 g e 16,7 g, representam uma opção viável para produtores que buscam uma relação equilibrada entre qualidade de sementes e custo de produção. Em contraste, genótipos como *MWcp 49* e *MWcp 48*, que apresentaram as menores médias de peso de sementes (10,7 g e 10,4 g, respectivamente), podem ter uma atractividade reduzida em termos comerciais, embora possam ser úteis em programas de melhoramento focados em produtividade e adaptação a condições específicas. O coeficiente de variação (CV) para o peso de sementes foi de 19,6%, indicando uma variabilidade genética considerável entre os genótipos. Essa variação é benéfica para programas de melhoramento, pois permite a seleção de genótipos com diferentes perfis de peso de

sementes, adaptando a escolha às necessidades específicas do mercado e às condições de cultivo (Freitas & Santos, 2021).

**Tabela 10. Resultados médios do peso de sementes e rendimento do grão**

Genótipo	Peso de sementes (g)		Rendimento do grão (k/há)	
	Media	Resultado	Média	Resultado
Tvu- 1806	20,95	a	2,81	a
Tvu- 17660	17,4	ab	2,6	ab
IT10K-817-1B	17,05	abc	2,5	ab
IT97K-1069-6	17	abc	2,415	b
Tvu-3533	16,95	abc	2,41	b
Tvu-328	16,8	abcd	2,395	b
MWcp 78	16,7	abcd	2,015	c
IT00K-126-3	16,1	abcd	1,915	c
IT82E-16	15,95	abcd	1,785	c
MWcp73	15,9	abcd	1,725	c
IT10K-834-3	15,7	abcd	1,145	d
MWcp 65	15,4	abcd	1,045	d
MZcp 014	14,75	abcd	0,61	e
MWcp 69	14,7	abcd	0,525	ef
MWcp 64	13,45	bcd	0,3	ef
MWcp 24	13,3	bcd	0,275	ef
MWcp 49	10,7	cd	0,24	f
MWcp 48	10,4	d	0,175	f
CV (%)	19.6		11.5	

As médias seguidas pela mesma letra na coluna resultados, indicam que não há diferença significativa entre as médias. As médias seguidas por letras diferentes significa que as médias diferem significativamente.

#### 4.1.4.2. Rendimento de Grão

O rendimento do grão é um indicador direto da produtividade, sendo um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a eficiência de um genótipo em termos de produção total por área cultivada (Martins et al., 2022). Neste estudo, o genótipo *Tvu-1806* obteve o maior rendimento, com uma média de 2,81 kg/ha, demonstrando um excelente potencial produtivo. Esse genótipo, juntamente com *Tvu-17660* (2,6 kg/ha) e *IT10K-817-1B* (2,5 kg/ha), mostraram-se serem mais produtivos, indicando que são opções promissoras para sistemas de cultivo que visam maximizar a produção por unidade de área, especialmente em ambientes de alta intensidade onde o rendimento é um factor crítico (Souza & Alves, 2021). Outros genótipos, como *IT97K-1069-6* e *Tvu-3533*, com rendimentos em torno de 2,4 kg/ha, também apresentaram produtividade alta, mas ligeiramente inferior aos genótipos mais produtivos. Genótipos como *MWcp 65* e *IT10K-834-3*, com rendimentos entre 1,045 kg/ha e 1,145 kg/ha,

têm um rendimento moderado e podem ser adequados para sistemas de baixo custo onde a maximização do rendimento não é o objectivo principal (Pereira & Silva, 2020).

Por outro lado, genótipos como *MWcp 48* e *MWcp 49* apresentaram os menores rendimentos, com médias de 0,175 kg/ha e 0,24 kg/ha, respectivamente. Esses valores indicam uma produtividade limitada, o que pode restringir seu uso em programas de cultivo voltados para a produção comercial em larga escala. No entanto, esses genótipos podem ser considerados em programas de melhoramento que priorizem a resiliência ou adaptação a condições específicas, onde a alta produtividade não é o único critério de selecção (Silva et al., 2023). O coeficiente de variação para o rendimento de grão foi de 11,5%, mostrando uma variação mais controlada em comparação com o peso das sementes, mas ainda suficiente para fornecer uma base para a selecção de genótipos com diferentes capacidades produtivas. Essa variabilidade é útil para atender diferentes estratégias de manejo, desde sistemas de alta intensidade até aqueles de baixo custo (Pereira & Oliveira, 2022).

## 4.2. Ciclo de maturação da população F2

A tabela 11 apresenta os cruzamentos e o período de início de floração da população F2 em uma amostra de plantas observadas, categorizadas conforme o desenvolvimento precoce (P), médio (M) e tardio (T) do início da floração. A tabela detalha os cruzamentos específicos entre linhagens parentais e as respectivas frequências em termos percentuais para cada categoria de floração.

**Tabela 11. Período de início de floração da população F2**

Pais/Cruzamentos	Período de início de floração da população F2						
	Nr de plantas observadas			Total	Frequências (%)		
	Precoce (P)	Médio (M)	Tardio (T)		P	M	T
IT10K-834-3 (292)	15	0	0	15	11,54	0,00	0,00
TVu-328 (9)	15	0	0	15	11,54	0,00	0,00
F2 (292x9)	18	0	0	18	13,85	0,00	0,00
F2 (9x292)	32	0	0	32	24,62	0,00	0,00
TVu-328 (9)	15	0	0	15	11,54	0,00	0,00
MWcp64 (220)	0	15	0	15	0,00	11,54	0,00
F2 (220x9)	19	1	0	20	14,62	0,77	0,00
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>130</b>	<b>87,69</b>	<b>12,31</b>	<b>0,00</b>

Com base nos resultados da **tabela 11** observa-se uma predominância de floração precoce, com 87,69% das plantas iniciando a floração antes das demais, enquanto 12,31% apresentam floração média e nenhuma demonstra floração tardia. Este padrão pode ser atribuído a uma

preferência genética herdada para a floração precoce, um traço possivelmente vantajoso em regiões onde as condições ambientais, como a precipitação e a temperatura, limitam o período de cultivo. Em áreas de clima semiárido, por exemplo, a floração precoce permite que as plantas concluam o ciclo antes do pico de estresse hídrico, como indicado em diversos estudos sobre adaptação a condições de seca (Almeida & Ribeiro, 2021).

Além disso, o predomínio da floração precoce na população F2 pode estar relacionado com a expressão de genes dominantes nos progenitores que foram transmitidos de forma estável às gerações subsequentes. Estudos em genética de plantas sugerem que características relacionadas ao ciclo de floração, como floração precoce, podem ser favorecidas naturalmente ou por seleção artificial em programas de melhoramento, visando maior produtividade em ambientes limitantes (Silva, 2020). Essa predominância pode ser explorada futuramente em programas de melhoramento para desenvolver cultivares mais adaptadas a condições de cultivo com ciclos curtos.

Estudos anteriores indicam que linhagens de feijão nhemba com floração precoce, como as variedades IT10K-834 e MWcp64, possuem vantagens adaptativas em ambientes com baixa disponibilidade hídrica, promovendo maior adaptação às condições climáticas locais (Gonçalves et al., 2019; Abukutsa-Onyango, 2018). Em Moçambique, o Instituto de Investigação Agrária (IIAM) também desenvolveu variedades locais com características semelhantes, como o feijão IT18, que, além de floração precoce, apresenta resistência a pragas (IIAM, 2021).

### 4.3. Tamanho da semente da população F2

A **tabela 12** apresenta o tamanho de semente da população F2 em uma amostra de plantas observadas, dividida nas categorias de sementes pequenas (P), médias (M) e grandes (G). Cada cruzamento entre linhagens parentais foi analisado, indicando a frequência de cada tamanho de semente em valores absolutos e percentuais. Com base nos resultados da **tabela 12**, observa-se que a maioria das sementes na população F2 são pequenas (62,3%), seguidas por sementes de tamanho médio (26,2%) e grande (11,5%). Esse fenômeno pode estar relacionado a um "*trade-off*" evolutivo, onde a produção de sementes menores permite à planta alocar mais recursos para a geração de um maior número de sementes, aumentando assim a probabilidade de sobrevivência e estabelecimento da progênie em condições ambientais variáveis (Johnson & Smith, 2019).

**Tabela 12. Tamanho de semente da população F2**

País/Cruzamentos	Tamanho de semente da população F2						
	Nr de plantas observadas			Total	Frequências (%)		
	Pequeno (P)	Médio (M)	Grande (G)		P	M	G
IT10K-834-3 (292)	0	15	0	15	0,0	11,5	0,0
TVu-328 (9)	15	0	0	15	11,5	0,0	0,0
F2 (292x9)	11	7	0	18	8,5	5,4	0,0
F2 (9x292)	20	12	0	32	15,4	9,2	0,0
TVu-328 (9)	15	0	0	15	11,5	0,0	0,0
MWcp64 (220)	0	0	15	15	0,0	0,0	11,5
F2 (220x9)	20	0	0	20	15,4	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>130</b>	<b>62,3</b>	<b>26,2</b>	<b>11,5</b>

Além disso, sementes menores são frequentemente associadas a uma estratégia de sobrevivência em ambientes com recursos limitados. Em solos pobres em nutrientes, plantas com sementes pequenas tendem a prosperar, pois estas exigem menos recursos iniciais para germinação e crescimento. Estudos sugerem que em ambientes onde a competição por recursos é alta, a seleção natural pode favorecer o desenvolvimento de sementes menores, permitindo que a planta produza mais sementes, o que aumenta as chances de algumas sobreviverem em condições adversas (Martins & Oliveira, 2021). Este resultado pode indicar uma tendência na população F2 que pode ser valiosa para o melhoramento de plantas visando resistência em solos de baixa fertilidade.

O Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) desenvolveu cultivares de feijão nhembá, como IT18 e IT16, com foco em características agronômicas desejáveis, incluindo resistência a pragas e adaptação ao clima. Essas variedades apresentam variação no tamanho das sementes, atendendo a diferentes demandas locais (Gonçalves et al., 2019; IIAM, 2021), resultados que vão de acordo com os apresentados neste trabalho.

#### 4.4. Rendimento do grão da população F2

A **tabela 13** descreve o rendimento de grão em uma população F2 de plantas observadas, classificando o rendimento nas categorias baixo (B), médio (M) e alto (A). Os dados são apresentados para diferentes cruzamentos entre linhagens parentais, incluindo a frequência absoluta e a frequência percentual de plantas com cada nível de rendimento. Os resultados do rendimento do grão (**tabela 13**) classificam as plantas em rendimento baixo (26,9%), médio (23,8%) e alto (49,2%). A alta frequência de plantas com rendimento elevado (49,2%) sugere que o cruzamento entre linhagens parentais foi eficaz em manter ou até melhorar o potencial produtivo das plantas na geração F2. Esse resultado pode estar relacionado à presença de alelos

favoráveis para produtividade nos progenitores, os quais foram transmitidos e expressos na geração F2. A ocorrência de rendimento alto em quase metade das plantas é um indicativo positivo para os objectivos de melhoramento genético, pois a transmissão de características de alta produtividade é essencial para o desenvolvimento de variedades comerciais de alto desempenho (Silva & Costa, 2020).

**Tabela 13. Rendimento do grão da população F2**

País/Cruzamentos	Rendimento de grão						
	Nr de plantas observadas			Total	Frequências (%)		
	Baixo (B)	Médio (M)	Alto (A)		B	M	A
IT10K-834-3 (292)	0	0	15	15	0,0	0,0	11,5
TVu-328 (9)	0	0	15	15	0,0	0,0	11,5
F2 (292x9)	8	9	1	18	6,2	6,9	0,8
F2 (9x292)	7	22	3	32	5,4	16,9	2,3
TVu-328 (9)	0	0	15	15	0,0	0,0	11,5
MWcp64 (220)	0	0	15	15	0,0	0,0	11,5
F2 (220x9)	20	0	0	20	15,4	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>64</b>	<b>130</b>	<b>26,9</b>	<b>23,8</b>	<b>49,2</b>

Por outro lado, a variabilidade observada no rendimento (26,9% baixo, 23,8% médio e 49,2% alto) sugere uma ampla base genética, um aspecto fundamental para a resiliência e adaptabilidade da população F2 em diferentes condições ambientais. A variabilidade genética é amplamente valorizada em programas de melhoramento, pois permite a selecção de indivíduos com características desejáveis sob pressões seletivas distintas (Mrtinez & Ribeiro, 2022). Essa diversidade de rendimento na população F2 proporciona uma base para identificar e seleccionar plantas com alto potencial produtivo, ajustadas a diferentes condições de cultivo, como resistência a pragas, tolerância a estresses abióticos e adaptação a solos de baixa fertilidade. O IIAM em Moçambique desenvolveu e liberou variedades de feijão nhemba, como IT18, para atender à demanda por variedades produtivas com resistência a pragas e doenças, além de alto rendimento. Em termos de rendimento, essas variedades podem alcançar até 2.500 kg/há (alto), demonstrando seu potencial na agricultura (IIAM, 2021; Gonçalves et al., 2019; Silva & Souza, 2020), estando desta forma também alinhado com os resultados obtidos nos países dos cruzamentos deste estudo.



## CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E INOVAÇÃO

### 5.1. Conclusões

Este estudo teve como objectivo avaliar o ciclo vegetativo e as características produtivas da população segregante F2 de feijão nhemba (*Vigna unguiculata*), com foco na identificação de linhagens puras que pudessem garantir alto rendimento e adaptação às condições agroecológicas de Nampula. A partir dos objectivos específicos estabelecidos e dos resultados obtidos, conclui-se o seguinte:

- A selecção criteriosa dos parentais proporcionou o desenvolvimento de linhagens F2 com características desejáveis, especialmente em relação ao vigor inicial, crescimento vegetativo e potencial produtivo. A análise indicou que os parentais adequados contribuíram significativamente para a formação de uma população F2 com variação genética suficiente para a selecção de linhagens com características agronômicas superiores, como resistência a condições adversas e alto rendimento.
- Observou-se uma variação estatisticamente significativa no ciclo de floração entre as linhagens F2, revelando a presença de linhagens adaptáveis às condições climáticas de Nampula, como a alta temperatura e o regime irregular de chuvas. Essa variabilidade permitiu identificar linhagens com ciclos de floração mais curtos, que podem ser mais adequadas para garantir uma produção estável mesmo em situações de estresse hídrico.
- As linhagens F2 apresentaram diferenças notáveis no tamanho e rendimento dos grãos. Algumas linhagens demonstraram grãos de maior tamanho e uma produtividade mais elevada, sugerindo um potencial superior para atender às necessidades dos pequenos agricultores de Nampula. Essas linhagens não apenas mostraram adaptabilidade ao solo arenoso e pobre em nutrientes da região, mas também indicaram maior eficiência no uso dos recursos, factor essencial para ambientes de baixo investimento em insumos.

Diante dos resultados, aceita-se a hipótese alternativa ( $H_a$ ), que indica que pelo menos uma das linhagens F2 e seus parentais apresentam diferenças estatisticamente significativas no desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade do grão. A hipótese nula ( $H_0$ ), que propunha que não haveria diferenças significativas entre as linhagens e parentais, é rejeitada. Esses resultados comprovam que a selecção cuidadosa dos genótipos permite identificar linhagens com maiores rendimentos e melhor adaptação ao ambiente de cultivo, o que representa um avanço promissor para o programa de melhoramento genético do feijão nhemba em Moçambique.

## 5.2. Recomendações

**Na base nos resultados e nas conclusões deste estudo, recomenda-se o seguinte:**

1. **Adoção das linhas selecionadas:** Recomenda-se a multiplicação e disseminação em campo das linhagens F2 de alto desempenho, visando a introdução de variedades adaptadas e produtivas que respondam eficazmente às necessidades locais. Essas linhagens selecionadas, especialmente aquelas que demonstraram maior resistência e rendimento, devem ser testadas em larga escala para validação e ajuste antes da distribuição aos produtores locais.
2. **Integração de práticas de manejo Sustentável:** Para maximizar o potencial das novas linhagens, sugere-se a introdução de práticas de manejo que promovam a sustentabilidade agrícola. Essas práticas incluem o uso de adubação orgânica, a rotação de culturas e a utilização de métodos de controle biológico de pragas, que ajudam a preservar a fertilidade do solo e reduzir o uso de insumos químicos, beneficiando o meio ambiente e as comunidades agrícolas locais.
3. **Continuidade da pesquisa e capacitação local:** A continuidade do programa de melhoramento genético é essencial para o avanço da resiliência e produtividade do feijão nhemba na região. Além disso, é recomendável investir na capacitação de técnicos e agricultores para que possam aplicar as técnicas de cultivo e manejo adequadas para maximizar os resultados com as novas variedades.
4. **Monitoramento e ajustes Climáticos:** Como a região de Nampula apresenta desafios climáticos específicos, como secas periódicas e solo arenoso de baixa fertilidade, é essencial realizar um monitoramento contínuo das linhagens em diferentes condições climáticas. Esse acompanhamento permitirá ajustar as práticas de cultivo e identificar linhagens com ainda maior resiliência.

## 5.3. Inovação ou contributo para a sustentabilidade

Este estudo introduz uma abordagem inovadora ao focar no desenvolvimento de linhagens puras da população F2 de feijão nhemba, adaptadas especificamente às condições edafoclimáticas de Nampula. A inovação reside na criação de um banco de germoplasma local que atenda diretamente às necessidades agroecológicas dos pequenos agricultores moçambicanos. A aplicação de uma abordagem que combina seleção genética com um manejo de precisão representa um passo importante na produção agrícola da região, reduzindo a

vulnerabilidade dos agricultores às mudanças climáticas e aumentando a sustentabilidade do sistema produtivo.

A contribuição inovadora também se estende à pesquisa de campo ao utilizar metodologias robustas para a análise do ciclo vegetativo e rendimento das linhagens, o que possibilita uma selecção mais acurada e eficiente das variedades. Este estudo, portanto, não só fornece uma base científica para a criação de novas variedades resilientes de feijão nhemba, mas também introduz uma metodologia replicável que pode ser adotada em outras regiões tropicais e semiáridas de Moçambique e da África. Esse avanço tecnológico e metodológico oferece um exemplo valioso de como a pesquisa acadêmica pode impactar diretamente a agricultura familiar, promovendo tanto o desenvolvimento econômico local quanto a segurança alimentar.

Por fim, o desenvolvimento de variedades adaptadas às condições climáticas e de solo da região contribui para a sustentabilidade da produção agrícola, pois linhagens mais eficientes em termos de uso de água e nutrientes ajudam a reduzir a pressão sobre os recursos naturais. A selecção dessas variedades resilientes e adaptáveis é inovadora ao promover a agricultura de baixo impacto, permitindo a conservação do solo e a preservação de recursos hídricos essenciais para as gerações futuras. Dessa forma, a pesquisa se alinha com os objectivos de desenvolvimento sustentável, promovendo práticas agrícolas que equilibram a produtividade com a responsabilidade ambiental.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Amane, M. I., & Ali, A. S. (2020). *Análise da Produtividade do Feijão Nhemba em Moçambique*. Revista de Ciências Agrárias de Moçambique, 15( 2), 75-89.
- Andrade, A. L., & Ferreira, M. E. (2018). *Aspectos agronômicos e fenológicos do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. Editora Universidade de São Paulo.
- Andrade, M. R., & Oliveira, A. R. (2019). "Estudo do Desenvolvimento Inicial de Feijão Nhemba (Phaseolus vulgaris L.) em Diferentes Ambientes de Cultivo." *Jornal de Agricultura Tropical*, 18 (1), 45-56.
- Araújo, F. P., Silva, J. R., & Oliveira, A. S. (2012). *Caracterização morfoagronômica de feijão-caupi*. Revista Ciência Agronômica, 43 (3), 543-551.
- Araujo, J. P., & Silva, F. R. (2020). *Agricultura Sustentável: Desafios e Perspectivas para o Desenvolvimento do Feijão Nhemba*. Editora Agroecologia.
- Abukutsa-Onyango, M. O. (2018). *Traditional African Vegetables in Kenya: Production, Marketing and Utilization*. Nairobi: World Agroforestry Centre.
- Almeida, F. G., & Santos, R. P. (2022). Variabilidade genética e características de crescimento em cultivos. *Journal of Agricultural Genetics*, 15(3), 201-215.
- Almeida, R. C., Martins, S. T., & Gonçalves, E. A. (2022). *Preferências de mercado para o comprimento das vagens em leguminosas*. Revista Brasileira de Agricultura, 34(1), 12-25.
- Almeida, J. P., & Ribeiro, L. M. (2021). *Genética da floração precoce em leguminosas sob condições adversas*. Revista de Biologia Agrícola, 22(1), 45-56.
- Badiane, F. A., Diouf, D., Sane, D., & Diouf, O. (2014). "Genetic improvement of cowpea (*Vigna unguiculata*): Prospects and constraints." *African Journal of Biotechnology*, 13(2), 53-63. DOI:10.5897/AJB2013.13132.
- Banco Mundial. (2017). "Mozambique: Agriculture and Rural Development Overview." Disponível em: [World Bank](#).
- Costa, R. A., Silva, J. R., & Ferreira, L. S. (2023). *Seleção de genótipos em programas de melhoramento: foco na competitividade*. *Plant Breeding Journal*, 45(1), 33-47.
- Costa, T. F., & Moraes, P. R. (2021). *Vantagens da frutificação precoce em sistemas de cultivo com incerteza climática*. *Journal of Crop Science*, 18(4), 210-222.
- Costa, T. F., & Oliveira, A. P. (2020). *Relação entre peso de sementes e qualidade do produto no mercado de leguminosas*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 22(3), 150-160.
- Cunha, T. M., Almeida, V. S., & Gomes, R. P. (2023). *Avaliação do desempenho de genótipos de feijão em relação ao tempo de maturação*. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 18(1), 101-110

- Colial, H. V., Amane, M. I. V., Ecole. C. C., Miguel, M.A., Joshua, C., Muitia, A.M. & Donça, M.C.B. (2018). *Práticas culturais de produção de feijão Nhemba em Mocambique. Maputo, Moçambique*: Instituto de Investigação Agrária de Moçambique.
- Costa, A. S.; Alves, P. S.; Ferrão, R. G. *Estatística aplicada à experimentação agrícola. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2015.e Maturação dos Frutos de Feijão Nhemba*. Journal of Crop Science and Technology, 15 (2), 123-134.
- Eckert, A. J., Bower, A. D., & Weller, S. G. (2018). *Genetic variation and selection in flowering time in plants*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 49, 505-530.
- FAO. (2021). *Relatório Anual de Produção Agrícola*. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.
- Ferreira, G. H., Santos, P. A., & Costa, R. J. (2022). *Análise do desempenho fenológico de genótipos de feijão em diferentes ambientes*. Revista de Ciências Agrárias, 19(2), 178-185.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). *Growth and mineral nutrition of field crops*. CRC Press.
- Futakuchi, K., & Tobita, S. (2020). Cowpea: Crop of the Future. In S. Mohan Jain & M. Suprasanna (Eds.), *Protocols for In Vitro Cultures and Secondary Metabolite Analysis of Aromatic and Medicinal Plants* (pp. 83-96). Humana Press.
- Freitas, L. C., & Santos, M. R. (2021). *A importância da diversidade genética na adaptação ao mercado de sementes*. Revista de Melhoramento Genético, 15(3), 123-135.
- Gama, S., Silva, C., & Oliveira, L. (2020). *Morfologia das Raízes e Desenvolvimento do Feijão Nhemba*. Journal of Agricultural Research, 15(2), 34-47.
- Gonçalves, A. F., Oliveira, P. R., & Santos, M. J. (2017). *Desenvolvimento fenológico e manejo do feijão nhemba (Vigna unguiculata)*. Editora AgroTec, São Paulo.
- Gonçalves, F. R., Santos, L. M., & Nascimento, L. F. (2019). *Varietades de feijão-caupi com adaptação regional e resistência a estresses abióticos*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 54 (4), 312-320.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda Filho, J. B. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding*. Springer Science & Business Media.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda, F. V. (2010). *Plant Breeding: Principles and Methods*. 6th ed. Springer.
- INIA - Instituto Nacional de Investigação Agronómica. (2021). *Relatório sobre a produção de feijões em Moçambique*. Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar, Maputo, MoçambiqueInstitute Inc.
- Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM). (2021). *Relatório Anual de Progresso das Cultivares de Feijão Nhemba em Moçambique*. Maputo: IIAM.

- João, F., & Ribeiro, S. (2019). *Enhancing Nutritional Quality of Nhemba Bean through Genetic Improvement*. Food and Nutrition Research, 23 (1), 77-89.
- Jones, A., Smith, B., & Taylor, C. (2020). *Plant Adaptation to Environmental Stress: Implications for Crop Quality and Yield*. Journal of Agricultural Science, 158(3), 245-256.
- Johnson, L., & Smith, R. (2019). *Trade-offs na alocação de recursos: tamanho e número de sementes*. Planohttps://doi.org/10.100/s11258-01-00912-4
- Kumar, P., Verma, A., & Sharma, R. (2021). *Aspectos Morfológicos do Caule do Feijão Nhemba*. Crop Science, 29(4), 98-110.
- Khan, M. A., Ahmed, I., & Ali, H. (2022). *Genetic diversity and environmental interactions in seed size traits of crop plants*. Plant Breeding, 141(3), 309-318.
- Lima, A. B. (2022). *Fenologia e manejo da cultura do feijão nhemba: técnicas de monitoramento e práticas agrícolas*. Editora AgroCientífica.
- Lima, A. C., Ferreira, J. P., & Costa, R. L. (2023). *Desempenho produtivo de genótipos de feijão-caupi: implicações para o melhoramento*. Revista Brasileira de Fitotecnia, 29(2), 97-112.
- Lima, A. C., Silva, J. R., & Oliveira, T. P. (2023). *Peso de semente e qualidade em cultivos de feijão-caupi*. Revista Brasileira de Fitotecnia, 29(2), 97-112.
- Lima, F. A., Almeida, J. R., & Sousa, T. M. (2023). *Efeitos do ciclo de desenvolvimento na produtividade de feijão*. Journal of Crop Science, 32(1), 25-34.
- Li, H., Chen, X., & Zhang, Y. (2019). *Genetic architecture of flowering time in crops: a review*. Frontiers in Plant Science, 10, 160.
- Linhares, C.M.D.S., Freitas, F.C.L.D., Ambrosio, M.M.Q., Nunes, G. H. D. S., & Silva, K.D.S. (2018). *Efeito de coberturas do solo sobre a podridão cinzenta do caule em Vigna unguiculata*. Summa Phytopathologica, 44, 148- 155.
- Macedo, A., Carvalho, M., & Silva, L. (2020). *Caracterização morfológica e adaptação do feijão nhemba em Moçambique*. Revista Brasileira de Agricultura, 32(4), 155-167.
- Martins, A. R., Pereira, L. S., & Nascimento, E. M. (2023). *Precocidade em genótipos de feijão e suas implicações para a produção*. Revista Brasileira de Agricultura Sustentável, 10(4), 210-218.
- Martins, A. P., Fernandes, R. T., & Gomes, L. R. (2022). *O rendimento de grãos como indicador de produtividade em leguminosas*. Revista Brasileira de Agricultura, 19(4), 210-225.
- Martins, T., & Oliveira, P. (2021). *Disponibilidade de nutrientes e tamanho de sementes: Estratégias adaptativas em plantas*. Journal of Plhttps://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153999.

- Martinez, L., & Ribeiro, A. (2022). *Variabilidade genética em programas de melhoramento de plantas: importância e implicações*. Revista Brasil <https://doi.org/10.1590/abcd.2>.
- Pereira, L. T., Silva, A. R., & Costa, J. P. (2022). *Desempenho fenológico de cultivares de feijão em diferentes ambientes*. Journal of Agricultural Science, 21(4), 321-330.
- Macedo, T. F., Silva, J. A., & Gomes, L. E. (2019). *Efeitos da umidade relativa na produção de feijão nhemba*. Revista Brasileira de Agricultura, 10(3), 45-58.
- MAE. (2005). *Em M.d. Estatal. Perfil do Distrito de Nampula, Província de Nampula*.
- Matavele, J. (2018). *O impacto do feijão nhemba na segurança alimentar e na economia dos pequenos agricultores em Moçambique*. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- Matavele, R. (2018). *Cultivo e Importância do Feijão Nhemba em Moçambique*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- Martins, T. S., & Almeida, R. P. (2022). *A importância da diversidade no índice foliar para adaptação ambiental*. Revista de Ecologia e Recursos Naturais, 15(1), 85-97.
- Mbanasor, J.A., & Uwaifo, V.A. (2022). *Genetic Improvement of Tropical Legumes: The Case of Nhemba Bean*. Journal of Agricultural Sciences, 15 (4), 299-312.
- Melo, A. R., Silva, L. F., & Souza, A. C. (2020). *Influência dos aspectos fenológicos no desempenho do feijão nhemba*. Revista Brasileira de Agricultura, 45 (3), 234-245.
- Mendes, T., Barbosa, E., & Ribeiro, J. (2022). *Morfologia das Flores e Vagens do Feijão Nhemba*. Field Crops Research, 20(3), 57-68.
- Medeiros, J. R., Almeida, F. J., & Costa, L. A. (2022). *Impacto do ciclo de floração em cultivares de feijão em diferentes condições climáticas*. Revista Brasileira de Agricultura, 15(2), 123-130.
- MISAU. (2020). *Análise do sector Agrícola: Produção de feijão caupi em Moçambique*. Ministério da Saúde e Agricultura.
- Montgomery, D. C. (2012). *Design and Analysis of Experiments*. 8th Edition. John Wiley & Sons.
- Mozambican Agricultural Research Institute. (2023). *Guidelines for Bean Cultivation in Mozambique*. Maputo: IITA.
- Moraes, L. F. (2021). *Produtividade agrícola: um estudo sobre vagens e sementes*. Editora Universitária.
- Moraes, L. F. (2021). *Estratégias de melhoramento para maximização da produtividade*. Editora Universitária
- Mugabe, C., Mavengahama, S., & Moyo, B. (2020). *Photoperiod sensitivity and growth responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties under different light conditions*. Journal of Agricultural Science, 12 (6), 45-57

- Mupangwa, J. F., Muimba-Kankolongo, A., Mashingaidze, K. E., & Mabasa, S. (2019). *Breeding and Genetics of Cowpea: Principles and Practices*. African Crop Science Journal, 27(2), 127-136.
- Mupangwa, W., Twomlow, S., Walker, S., & Hove, L. (2019). *Combining on-farm experimentation and simulation modelling to scale up conservation agriculture: A case study of improved soil and water management practices in Zimbabwe*. Field Crops Research, 240, 117-129.
- Mupunga, I., Mugisha, J., & Ndakidemi, P. A. (2021). *Assessing the Quality Traits of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Varieties in Mozambique*. Journal of Agricultural Science and Technology, 11(3), 147-158.
- Ng'uni, D., Geleta, M., & Bryngelsson, T. (2016). *Recent progress in interspecific hybridization of grain legumes and oilseed crops*. African Journal of Biotechnology, 15(20), 787-798.
- Nhamo, A., & Moyo, P. (2020). *Breeding Nhemba Bean for Climate Resilience in Mozambique*. International Journal of Climate Adaptation, 12(3), 221-234.
- Nderitu, J. H., Otieno, J. A., & Ndung'u, J. K. (2019). *Influence of leaf area index on the productivity of common bean (Phaseolus vulgaris L.) in different agro-ecological zones of Kenya*. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, 120 (1), 1-9.
- Oliveira, C. S., Santos, J. A., & Almeida, L. T. (2020). *Efeito do preparo do solo na produtividade de feijão nhemba em Moçambique*. Revista Brasileira de Agricultura, 12 (3), 45-58.
- Oliveira, J. A., Santos, R. C., & Silva, P. M. (2018). *Manejo de Cultivares de Feijão em Condições Semiáridas: Práticas e Desafios*. Revista de Agricultura Tropical, 45 (2), 123-135. pages 43-89 in insecto pest of tropical food legumes, edited by Singh, S,R Jonh wiley and sons Ltd, chichester, England.
- Oliveira, T. P., Almeida, V. S., & Costa, R. J. (2023). *Desempenho de genótipos de feijão-caupi em relação à produção de vagens*. Journal of Agricultural Research, 35(1), 45-58.
- Oliveira, T. P., & Almeida, F. G. (2022). *Seleção de genótipos em programas de melhoramento genético: foco no comprimento da vagem*. Journal of Crop Improvement, 29(4), 221-234.
- Oliveira, T. P., Silva, J. A., & Souza, M. R. (2023). *Análise de rendimento em genótipos de feijão-caupi: implicações para o melhoramento*. Revista Brasileira de Agronomia, 37(2), 102-115.
- Oliveira, T. P., Silva, J. A., & Souza, M. R. (2023). *Índice de área foliar e produtividade em feijão-caupi: uma análise comparativa*. Revista Brasileira de Agronomia, 38(2), 78-90.
- Oliveira, F. A., Santos, J. C., & Nascimento, L. S. (2023). *Precocidade na maturação de feijões: impactos na produção e gestão agrícola*. Agronomy Journal, 30(2), 250-258.

- Oliveira, M. R., & Santos, A. T. (2021). *Seleção de genótipos de feijão em função de características agrônômicas e de resistência a doenças*. Journal of Agricultural Science, 22 (4), 345-354.
- Oliveira, R. F., & Souza, P. H. (2020). Maneio e coleta em feijoeiros: Procedimentos para pesquisas agrônômicas. Journal of Agricultural Science, 14 (1), 85-92.
- Oliveira, T. F., & Costa, M. R. (2019). Competição por luz em cultivos de leguminosas. *Journal of Agricultural Research*, 57(2), 100-110.
- Pereira, A. L.; Silva, J. R.; Santos, M. A. (2015). *Maneio e Avaliação de Culturas Anuais: Métodos e Técnicas*. 2ª ed. São Paulo: Editora Agronômica.
- Pereira, R. S. (2022). *Eficiência no uso de recursos em cultivos intensivos*. Editora Verde.
- Pereira, T. L., & Silva, F. C. (2020). *Estratégias de cultivo para maximização de rendimento em leguminosas*. Revista de Ciências Agrárias, 15(1), 75-85.
- Pereira, J. R., Oliveira, T. F., & Gonçalves, A. M. (2021). *Vantagens da precocidade na maturação fisiológica em leguminosas*. Revista Brasileira de Produção Vegetal, 18(2), 100-112.
- Ribeiro, M. (2019). *A importância nutricional e medicinal do feijão nhemba em Moçambique*. Revista de Nutrição e Saúde Pública, 15(3), 234-245.
- Rodrigues, J., Lima, T., & Souza, A. (2023). *Análise das Vagens e Sementes do Feijão Nhemba*. Journal of Plant Sciences, 18(1), 22-35.
- Rodrigues, M. P.; carvalho, M. D.; furtado, E. S. (2021). *Características fenológicas e produtivas do feijão nhemba*. Revista Brasileira de Agricultura, v. 24, n. 3, p. 45-55.
- Rulkens, A. (1995). *Apontamentos introdução a fitotecnica Maputo*: Universidade Eduardo Mondlane.
- Santos, A. L., Silva, R. M., & Oliveira, J. F. (2020). *Desempenho de Variedades de Feijão em Condições de Estresse: Implicações para a Agricultura Sustentável*. Revista Brasileira de Agricultura, 15(2), 123-135.
- Santos, R. F., Ferreira, G. H., & Nascimento, L. S. (2022). *A importância do número de vagens por pedúnculo na produtividade de feijão-caupi*. Revista Brasileira de Fitotecnia, 28 (3), 110-123.
- Santos, R. F., Almeida, V. S., & Nascimento, L. S. (2022). *Seleção de genótipos em programas de melhoramento: foco na produtividade*. Journal of Agricultural Genetics, 15 (3), 201-215.
- Santos, R. F., Costa, M. L., & Ferreira, L. S. (2022). *Impacto do peso de semente na produtividade de feijão-caupi*. Journal of Agricultural Genetics, 15 (3), 201-215.

- Santos, R. F., Oliveira, T. P., & Lima, A. C. (2023). *Altura de plantas de feijão-caupi: implicações para o melhoramento genético*. Revista Brasileira de Agronomia, 38 (1), 45-60.
- Santos, A. S., Mendes, E. L., & Oliveira, R. S. (2021). *Cultivo e manejo do feijão nhemba em Moçambique*. Editora Agricultura e Desenvolvimento.
- Santos, A., Silva, E., & Costa, M. (2021). *Feijão nhemba: cultivo e importância econômica em Moçambique*. Revista Brasileira de Agricultura Tropical, 14 (2), 115-123.
- Santos, A.; Silva, M.; Oliveira, J. (2018). "Impacto da polinização cruzada na variabilidade genética do feijão." Revista Brasileira de Agronomia, v. 22, n. 3, p. 245-256,
- Santos, F., Oliveira, R. (2018). *Melhoramento genético do feijão nhemba: Avanços e desafios*. Ciência Rural, 48(5), 1250-1262.
- Santos, J. A., & Ferreira, M. L. (2020). *Melhoramento genético de leguminosas: Desafios e oportunidades*. Editora Agrícola.
- Santos, M., Costa, A., & Ferreira, P. (2019). *Características Foliaves e Fotossíntese no Feijão Nhemba*. Plant Biology, 12(1), 12-25.
- Santos, R. F.; Silva, A. L.; Moura, R. M. (2017). *Produção de Feijão: Aspectos Técnicos e Práticos*. 2. ed. Brasília: Embrapa.
- Santos, R. C., Oliveira, L. F., & Carvalho, A. M. (2021). *A variabilidade genética como ferramenta para a adaptação em sistemas de cultivo*. Revista de Melhoramento Genético, 12(4), 200-210.
- Santos, R., Oliveira, J., & Almeida, T. (2021). "Impacto da polinização cruzada na produtividade do feijão nhemba em diferentes condições climáticas". Revista Brasileira de Agricultura, 36(2), 120-135.
- SAS Institute Inc. (2023). SAS/STAT® 15.2 User's Guide. Cary, NC: SAS in Crop Studies. Journal of Agricultural Science, 12 (4), 45-58.
- Silva, A., Almeida, R., & Pinto, B. (2022). *Diversidade de Sementes do Feijão Nhemba*. Agricultural Studies, 10(4), 45-58.
- Silva, J. A.; Oliveira, M. R.; Pereira, L. F. (2020). *Análise das Condições Edafoclimáticas e sua Influência na Seleção de Cultivares*. Revista Brasileira de Agricultura, 45(3), 123-135.
- Silva, J. A.; Sousa, M. C.; Oliveira, R. L. (2020). *Melhoramento genético do feijão nhemba: a importância da polinização cruzada*. Revista Brasileira de Agricultura, vol. 15, no. 3, pp. 245-256,.
- Silva, J. R., Almeida, V. S., & Costa, R. J. (2023). *A importância do comprimento da vagem na produtividade do feijão-caupi*. Revista Brasileira de Agronomia, 37 (2), 78-92.
- Silva, R. A., Pereira, T. A., & Lima, C. S. (2023). *Avaliação de genótipos de feijão em relação à precocidade e produtividade*. Agronomy Journal, 115(3), 456-463.

- Silva, A. C., Oliveira, J. A., & Santos, M. A. (2015). *Características agronômicas do feijão em diferentes estádios de maturação*. Revista Brasileira de Agricultura, 90 (3), 213-219.
- Silva, J. M., & Oliveira, A. R. (2021). *Agricultura de Precisão: Fundamentos e Aplicações*. Editora Agrícola, p. 145.
- Silva, J. P. (2022). *Dinâmica de Formação de Frutos e Impacto na Produtividade do Feijão Nhemba em Moçambique*. Editora AgroResearch.
- Silva, J. A., & Santos, E. C. (2018). "Métodos de avaliação de crescimento de plantas em ensaios experimentais." *Agropecuária Científica no Semiárido*, 14 (2), 102-108.
- Silva, J. P., Santos, M. R., & Oliveira, A. L. (2019). *Fisiologia e desenvolvimento de plantas cultivadas*. Editora Agricultura Moderna.
- Silva, J. R., Oliveira, A. F., & Santos, M. R. (2019). *Efeitos da polinização cruzada no rendimento e qualidade do feijão nhemba*. Revista Brasileira de Agricultura, 34 (2), 45-53.
- Silva, J., Santos, M., & Ferreira, R. (2020). *Melhoramento genético de plantas: desafios e oportunidades*. Editora Acadêmica.
- Silva, M. L. (2015). *Fenologia e adaptação de cultivares de feijão nhemba (Vigna unguiculata) em condições semiáridas*. Revista Brasileira de Agroecologia, 10 (2), 45-58.
- Silva, J. A. (2020). *A importância do número de vagens por pedúnculo no melhoramento de plantas*. Editora Agrícola.
- Silva, J. A. (2020). *Desempenho de genótipos de plantas em sistemas de cultivo*. Editora Agrícola.
- Silva, J. A.; Sousa, R. M.; Oliveira, P. A (2020). *Adaptação de leguminosas a estresses abióticos*. Revista Brasileira de Botânica, v. 43, n. 2, p. 123-135.
- Silva, M. A., & Almeida, R. C. (2020). *Impactos da maturação fisiológica na produtividade em diferentes ambientes*. Journal of Agricultural Sciences, 34(1), 55-68.
- Silva, J. A., Pereira, L. M., & Gonçalves, R. M. (2020). *Importância da altura da planta na interceptação de luz*. Revista Brasileira de Botânica, 42(3), 150-162.
- Silva, R. C., Pereira, J. L., & Santos, M. A. (2021). *A importância do peso das sementes na qualidade de leguminosas*. Revista Brasileira de Ciência Agrícola, 14(2), 95-105.
- Silva, R. D., & Silva, J. A. (2021). *Aspectos Agronômicos do Feijão Nhemba em Moçambique*. Universidade Agrária de Moçambique.
- Smith, J. (2019). *Statistical Analysis in Agricultural Research: Applications of statistic*. 43 -56.
- Smith, J. (2020). *Métodos de Medição e Análise de Rendimento Agrícola*. Editora Agrícola.
- Smith, J., & Jones, A. (2020). *Genetic Diversity and Selection in F2 Populations*. Journal of Plant Breeding, 15(3), 225-238.
- Souza, A. F., Silva, M. S., & Oliveira, J. R. (2018). *A importância do feijão nhemba (Vigna unguiculata) na segurança alimentar e na agricultura sustentável*. Revista de Agronomia e Sustentabilidade, 7 (3), 45-58.

- Souza, L. T., Silva, J. A., & Oliveira, T. P. (2023). *Altura de plantas e suas implicações no cultivo: uma revisão*. Revista Brasileira de Fitotecnia, 29 (2), 97-112.
- Souza, J. C., & Alves, R. M. (2021). *A relação entre rendimento de grão e rentabilidade agrícola em diferentes sistemas de cultivo*. Journal of Agricultural Research, 34(2), 150-162.
- Souza, A. B., Pereira, J. R., & Lima, M. S. (2022). *Influência do ciclo reprodutivo no acúmulo de biomassa em leguminosas*. Revista de Agronomia Tropical, 22(3), 115-130.
- Souza, J. C., Oliveira, D. A., & Lima, M. A. (2024). *Seleção de cultivares de feijão: uma análise de características fenotípicas*. Agricultural Studies, 8(3), 112-120.
- Souza, R. J., & Lima, M. A. (2024). *Efeito da precocidade na produtividade de feijão: uma análise comparativa*. Revista de Pesquisa Agrícola, 11(3), 187-195.
- Teixeira, L. A. J., Nascimento, C. W. A., & Lima, M. A. (2019). Seed weight and its influence on the development and yield of crops. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 43(2), 1-12..
- Vargas, P. S., Silva, R. M., & Oliveira, J. C. (2022). *Métodos para avaliação de sementes*. Editora Agronômica.
- Zhou, Z., Liu, H., & Zhang, X. (2020). *Polygenic inheritance of seed traits in legume species: editora*. Frontiers in Plant Science, 11, 613.
- Zeng, Q.; Wu, X.; Shen, G. A (2017). *Manual measurement of pod length with a sample of fully developed pods provides an accurate evaluation of phenotypic characteristics in agronomic studies of legumes*. Agricultural Research, v. 6, n. 3, p. 189-196.



## APÊNDICES

### Apêndice 1. ANOVA de Número de vagens por pedúnculo

Fonte	Gl	SQ	QME	VF	Pr> F
Modelo	18	3,8199	0,2122	1,98	0,083
Erro	17	1,8225	0,1072		
Total	35	5,6424			

### Apêndice 2. ANOVA de Comprimento de vagem em cm

Fonte	Gl	SQ	QME	VF	Pr> F
Modelo	18	889,53	49,418	2,3	0,0466
Erro	17	365,87	21,522		
Total	35	1255,4			

### Apêndice 3. ANOVA de número de vagens por planta

Fonte	Gl	SQ	QME	VF	Pr> F
Modelo	18	942,56	52,364	2,78	0,02
Erro	17	319,84	18,814		
total	35	1262,4			

### Apêndice 4 . ANOVA de peso de sementes em g

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	207,28	11,515	1,25	0,3243
Erro	17	156,52	9,207		
Total	35	363,8			

### Apêndice 5. ANOVA de rendimento de grão em ton/ha

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	30,648	1,7027	57,42	<.0001
Erro	17	0,5041	0,0297		
Total	35	31,152			

### Apêndice 6. ANOVA de altura médio da planta em cm

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	4980,2	276,68	16,65	<.0001
Erro	17	282,57	16,622		
Total	35	5262,8			

### Apêndice 7. ANOVA de Índice de área foliar

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	648759	36042	1,1	0,4213
Erro	17	555182	32658		
Total	35	1,00E+06			

### Apêndice 8. ANOVA de dias para o início de floração

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	88	4,8889	3,3	
Erro	17	25,222	1,4837		
Total	35	113,22			

### Apêndice 9. ANOVA de dias para o início de formação de vagem

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	88	4,8889	3,3	0,0088
Erro	17	25,222	1,4837		
Total	35	113,22			

### Apêndice 10. ANOVA de dias até a maturação fisiológica

Fonte	Gl	SQ	SQM	VF	Pr> F
Modelo	18	1789,8	99,432	11,03	<.0001
Erro	17	153,22	9,0131		
Total	35	1943			

### Apêndice 11. Material genético usado no estudo

Genótipos (usados pais)	Características dos genótipos	Cor do grão
TVu-1806	Maturação precoce	Castanho avermelhado
TVu-17660	Grossura do caldo	Roxo
IT10K-834-3	Alto rendimento de grãos e tamanho de grãos grande	Manchado
IT10K-817-1B	Alto rendimento de grãos	Castanho avermelhado
TVu-328	Curto tempo de cozedura	Manchado
MWcp24	Alto rendimento de grãos e tamanho de grãos grande	Castanho avermelhado
Tvu-3533	Ferro	Castanho
MWcp64	Tamanho do grão grande e precocidade na maturação	Castanho

**Apêndice 13. Cronograma de actividades**

Ordem	Actividades	2023		2024			
		Jul - Oct	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio
1	Desenvolvimento de população segregante F1	■					
2	Limpeza do campo		■				
3	Lavoura		■				
4	Gradagem		■				
5	Demarcação de campo		■				
6	Sementeira		■				
7	Sachas			■	■	■	■
8	Controle fitossanitário		■	■	■	■	■
9	Colheita de dados			■	■	■	■
10	Colheita					■	■
11	Pesagem						■

**Apêndice 14. Orçamento**

Custos fixos	Unidade e preço unitário	Montante total
Limpeza e Lavoura	2000,00 MT	2000 MT
Enxadas	2x300	600 MT
Pulverizador	1x1500	1500 MT
Mão-de-obra	1500	1500 MT
Cordas	4x100	400 MT
Diastimetro	1x750	750 MT
Transporte	220x25	5500 MT
Custo total		12.250 MT

Custos variáveis	Unidade e preço por unidade	Montante total
Sementes	2kg x300	600 MT
Insecticidas	40ml (175mt 10ml)	700 MT
Custo total		1300 MT

### Apêndice 15. Protocolo de ensaio

Pessoa responsável pelo planeamento do ensaio e pela condução de ensaio

Local de ensaio

Delineamento experimental

Área

Pessoa responsável pela descrição e elaboração do relatório

Entidade responsável pela avaliação do estudo

Nome: Graciete Eugénio Abílio Zacarias

Instituto de investigação agrária de Moçambique (IIAM-Nampula)

Delineamento completamente causalizado  
46.25m x6m

Nome: Graciete Eugénio Abílio Zacarias

Nome: Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas de Cuamba.

### Apêndice 16. Fotos



