



Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Agronomia e Engenharia Agronómica

Curso de Mestrado em Produção Vegetal

Avaliação do Desempenho de Genótipos de Feijão Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e Estabilidade de Rendimento do Grão na região Sul de Moçambique



Autor: José Acácio Alfredo

Supervisor: Professor Doutor Rogério Marcos Chiulele

Maputo, Novembro de 2013

Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
Curso de Mestrado em Produção Vegetal

**Avaliação do Desempenho e Estabilidade de Rendimento do Grão do Feijão
Nhemba [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], na região Sul de Moçambique**

Assinaturas

O candidato

O supervisor

(José Acácio Alfredo)

(Prof. Doutor Rogério Marcos Chiulele)

O Director do curso

(Prof. Doutor Tomas Fernando Chiconela)

Maputo, 2014

Declaração

Eu, **José Acácio Alfredo** declaro que:

- i. A pesquisa reportada nesta Tese é inteiramente original e feita por mim.
- ii. Esta tese nunca foi submetida em nenhuma outra universidade para obtenção de qualquer outro grau acadêmico.
- iii. Esta tese não contém dados, figuras, tabelas, ou qualquer outra informação de outras fontes que não tenham sido devidamente citadas no texto e referenciadas no capítulo das referências.
- iv. Esta tese não contém cópias de textos de outros pesquisadores e/ou fontes mas informação lida e reescrita com palavras próprias das ideias contidas em diversas fontes sem prejuízo da atribuição do mérito às fontes primárias (autores).

Assinatura

O candidato

(José Acácio Alfredo)

Avaliação de Desempenho e Estabilidade de rendimento do grão do feijão nhemba [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], no Sul de Moçambique

Resumo da tese

O feijão nhemba [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], é uma cultura bastante importante na economia e segurança alimentar das populações do sul de Moçambique. Todavia, os rendimentos desta cultura são ainda muito baixos e bastante variáveis. Por isso, a identificação de genótipos de alto rendimento e estáveis é crucial para garantir o bem estar e segurança alimentar nessa região. Foi nesse contexto que o presente estudo foi conduzido para avaliar o desempenho e estabilidade de 19 genótipos introduzidos em comparação com 5 genótipos já libertados.

Os ensaios foram conduzidos em duas estações experimentais (Posto Agronómico de Ricatla, distrito de Bilene e Posto Agronómico de Nhacoongo, distrito de Inharrime) e nas machambas dos camponeses nos distritos de Bilene e Inharrime. Os ensaios conduzidos nas estações experimentais de Ricatla e Nhacoongo, assim como o conduzido na machamba dum camponês em Chimondzo, distrito de Bilene, consistiram de todos os 24 genótipos enquanto que os das machambas dos camponeses consistiram de grupos de 6 genótipos cada, totalizando 4 grupos. Assim, foram necessários 4 camponeses para completar os 24 genótipos.

Em Bilene, cada grupo de 6 genótipos foi avaliado por 4 camponeses enquanto que em Inharrime cada grupo foi avaliado por 6 camponeses. O desempenho dos genótipos foi avaliado usando a análise das componentes de variância e a comparação das médias usando o teste de diferença mínima significativa. A estabilidade foi avaliada usando o método GGE biplot e medida de superioridade do cultivar sem decomposição da estatística Pi.

O estudo sobre o desempenho de 19 genótipos introduzidos em comparação com 5 já libertados revelou que a forma de gestão e o défice hídrico afectam significativamente o rendimento do grão, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes, havendo genótipos introduzidos que são melhores, iguais e piores do que os já libertados. Os genótipos introduzidos IT00K-96, IT98K-1105-5, IT97K-284-4 e UC-CB46 têm condições para serem propostos para libertação no sul do país. O estudo da estabilidade de rendimento do grão de feijão nhemba revelou ocorrência de interação qualitativa na região sul de Moçambique. Os genótipos IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 foram classificados

como estáveis e adequados para cultivo em todos ambientes estudados na região sul de Moçambique. Os dois métodos usados para avaliar a estabilidade foram discrepantes entre si quanto a identificação de genótipos superiores. Porém, o GGE biplot mostrou se mais adequado para avaliar a estabilidade por fornecer informação adicional bastante relevante para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético das culturas. Conjugando os dois estudos pode se concluir que os genótipos UC-CB46, IT00K-96 e IT98K-1105-5 apresentam um bom desempenho e estabilidade nas condições climáticas e de gestão dos camponeses da região sul e por isso são recomendados para a libertação e cultivo nessa região.

Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos à Deus, pelo incontestável dom da vida;

Agradecimento especial ao meu supervisor, Professor Doutor Rogério Marcos Chiulele, pela orientação sábia durante a condução da pesquisa, elaboração da Tese, por acreditar em mim para este desafio e, sobretudo pela grande abertura demonstrada na discussão de assuntos relacionados ao tema;

À minha esposa Helena Carmona Mabui e filho Lisandro José Alfredo, pela alegria que sempre me proporcionaram durante este percurso;

Agradecimento aos técnicos do SDAE em Macia: sr. Matimula, sr^a. Alice, sr. Jair, sr^a. Joana, sr. Floriano; ao técnico do IIAM em Nhacoongo: sr. Damião; a técnica do IIAM em Ricatla: sr^a. Lucília, pela colaboração na condução dos ensaios;

À todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para que eu chegasse nessa fase e que sempre acreditaram em mim.

Dedicatória

Dedico esta tese:

À memória dos meus pais, Acácio Alfredo e Maria Odete Daniane, que Deus os tenha em sua morada;

À minha esposa Helena e filho Lisandro;

Às minhas irmãs, Elsa, Esperança e Veríssima, que sempre acreditaram em mim

Índice	pag
Lista de tabelas.....	i
Lista de figura	ii
Lista de anexos.....	iii
Lista de Abreviaturas	v
Capítulo I: Introdução.....	1
1.1 Estrutura da dissertação	1
1.2 Generalidades sobre a cultura do feijão nhemba.....	2
1.3 Problema do estudo e justificação.....	6
1.4 Objetivos do estudo.....	8
1.5 Hipóteses testadas	8
Referências.....	9
Capítulo II: Revisão bibliográfica	11
2.1 Introdução	11
2.2 Importância dos ensaios multilocais	11
2.3 Ambiente.....	13
2.4 Interação entre variedade e Ambiente.....	14
2.5 Estabilidade e adaptabilidade.....	16
Referências.....	19
Capítulo III: Desempenho de 24 Genótipos de feijão nhemba em condições marginais e não marginais do sul de Moçambique.....	24
3.1 Introdução	25
3.2 Material e Métodos	27
3.2.1 Caracterização do local de estudo	27
3.2.3 Caracterização dos genótipos usados no ensaio	28
3.2.4 Descrição dos ensaios e dos tratamentos	30
3.2.5 Análise estatística	32

3.3 Resultados.....	34
3.3.1 Condições edafo-climáticas durante o ensaio.....	34
3.3.2 Resultados das componentes de variância geradas pela análise individual dos ensaios completos de 24 genótipos.....	35
3.3.3 Rendimento do grão.....	36
3.3.4 Número de vagens por planta de 24 genótipos de feijões nhemba avaliados em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla	37
3.3.5 Número de sementes por vagem de 24 genótipo avaliados em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla	38
3.3.6 Peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla.....	38
3.3.7 Correlação entre o rendimento do grão de 24 variedades e suas componentes.....	41
3.3.8 Resultados das componentes de variância na análise individual dos ensaios incompletos de seis genótipos	42
3.4.9 Resultados dos testes de comparação de médias do rendimento do grão de 24 variedades avaliadas nas condições <i>on-farm</i>	43
3.4.10 Número de vagens por planta	45
3.4.11 Número de sementes por vagem.....	45
3.4.12 Peso de 100 sementes	45
3.4.13 Resultados das componentes de variância na análise combinada dos ensaios <i>on-station</i> e <i>on-farm</i>	46
3.8 Discussão	49
3.9 Conclusões	52
3.10 Recomendações.....	53
Referências.....	54
Capítulo IV: Estabilidade de Rendimento do grão de Feijão Nhemba em diferentes ambientes no Sul de Moçambique	57
4.1 Introdução	58
4.2 Material e Métodos	60
4.2.1 Caracterização do local de estudo	60

4.3.4 Descrição dos ensaios e dos tratamentos	66
4.3.5 Análise estatística	67
4.4 Resultados	71
4.4.1 Análise dos componentes de variância conjunta	71
4.4.2 Análise da estabilidade do rendimento do feijão nhemba usando GGE biplot	73
4.4.3 Análise de Estabilidade de rendimento de 24 genótipos com base na Medida de superioridade varietal	78
4.5 Discussão	79
4.6 Conclusões	83
4.7 Recomendações.....	84
Referências.....	85
Capítulo V: Visão geral da tese.....	88
5.1 Introdução	88
5.2 Sumário das principais descobertas	89
5.2.1 Avaliações de Desempenho de 24 genótipos de feijão nhemba sob condições marginais e não marginais	89
5.2.3 Estabilidade de Rendimento de grão de Genótipos de Feijão Nhemba em diferentes ambientes no Sul de Moçambique.....	90
5.3 Implicações das descobertas	90
5.4 Conclusões e Recomendações	91

Lista de tabelas

Tabela 1.1: Conteúdo de nutrientes de oito cultivares de feijão nhemba	3
Tabela 3.1: Características fenotípicas, origem e nomes dos genótipos avaliados no ensaio de desempenho na região sul de Moçambique durante a época chuvosa em 2013. ..	29
Tabela 3.2: Componentes de variância do rendimento e suas componentes do ensaio de Nhacoongo	35
Tabela 3.3: Componentes de variância do rendimento e suas componentes do ensaio de Ricatla	35
Tabela 3.4: Componentes de variância do rendimento do grão (RG) e suas componentes do ensaio de Chimondzo	36
Tabela 3. 5: Correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Nhacoongo	41
Tabela 3.7: Correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Chimondzo	41
Tabela 3. 6: Correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Ricatla	42
Tabela 3.9: Resumo dos resultados da análise das componentes de variância do rendimento do grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de cem sementes (P100S) de 24 genótipos de feijão nhemba avaliados nas condições <i>on-farm</i> em Bilene	43
Tabela 3.10: Resumo dos resultados da análise das componentes de variância do rendimento do grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de 100 sementes (P100S) de 24 genótipos de feijão nhemba avaliados nas condições <i>on-farm</i> em Inharrime.....	43
Tabela 3.11: Rendimento (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de 100 sementes (P100S) de 24 genótipos avaliados em grupo em Inharrime.....	44
Tabela 4.1: Principais características fenotípicas e origem das variedades envolvidas no ensaio.	65

Lista de figura

Figura 1.1: Percentagem da produção de feijão nhemba em relação a produção mundial por país em 2012	2
Figura 1.2. Variação temporal do rendimento do grão de feijão nhemba em Moçambique e no mundo nos últimos 10 anos.....	5
Figura 1.3. Variação espacial da precipitação em sete locais no sul de Moçambique	6
Figura 4.1: Medias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Nhacoongo, no período de Janeiro a Julho de 2013.....	61
Figura 4.2: Medias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Chimondzo, no período de Janeiro a Julho de 2013.	62
Figura 4.3: Medias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Bilene, no período de Janeiro a Dezembro de 2013.....	63
Figura 4.4: Medias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Ricatla, no período de Janeiro a Julho de 2013.....	64
Figura 4.5: Genótipos com melhor e pior desempenho nos diferentes ambientes avaliados .	73
Figura 4.6: Ordenamento do rendimento e estabilidade dos 24 genótipos através do método GGE biplot.	74
Figura 4.7: Classificação dos 24 genótipos de feijão nhemba relativamente ao genótipo ideal.....	75
Figura 4.8: Relação entre cinco ambientes onde os genótipos foram testados na região sul de Moçambique.....	76
Figura 4.9: Ordenamento dos ambientes relativamente ao ambiente ideal.....	77
Figura 4.10: Agrupamento dos ambientes onde foi feita a avaliação dos 24 genótipos em Mega-ambientes.	77

Lista de anexos

Anexo 1. Esquema do field lay-out dos ensaios de completos (com 24 genótipos).	93
Anexo 2. Esquema do field lay-out dos ensaios on farms (com 6 genótipos).....	94
Anexo 4. Esquema básico utilizado para seleção de plantas dentro das unidades experimentais com quatro linhas.....	96
Anexo 5. Esquema básico utilizado para seleção de plantas dentro das unidades experimentais com três linhas	97
Anexo 6. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em Nhacoongo.	98
Anexo 7. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de vagens por planta em Nhacoongo.	99
Anexo 8. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de sementes por vagem em Nhacoongo.....	100
Anexo 9. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o peso de cem sementes por vagem em Nhacoongo.	101
Anexo 10. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em Ricatla.	102
Anexo 11. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de vagens por planta em Ricatla.	103
Anexo 12. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de sementes por vagens em Ricatla.....	104
Anexo 13. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o peso de cem sementes em Ricatla.	105
Anexo 14. REML para o rendimento médio do grão de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo	106
Anexo 15. REML para o número de vagens por planta de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo	107
Anexo 16. REML para o número de sementes por vagens de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo	108
Anexo 17. REML para o peso de cem sementes de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo	109

Anexo 19. REML para o número de vagens por planta de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla	111
Anexo 20. REML para o número de sementes por vagens de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla	112
Anexo 21. REML para o peso de cem sementes de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla	113
Anexo 22. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em 24 genótipos de feijão nhemba nos ensaios <i>on-farms</i> ...	114
Anexo 23. Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em 24 genótipos de feijão nhemba em no sul de Moçambique.....	115
Anexo 24. Rendimento de grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de 100 sementes (P100S) de 24 variedades avaliadas em grupo em Bilene	116
Anexo 27. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo - 1 em Macia	117
Anexo 28. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo – 2 em Macia.....	118
Anexo 29. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo – 3 em Macia.....	119
Anexo 30. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo – 4 em Macia.....	120
Anexo 31. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 1 Inharrime.....	121
Anexo 32. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 2 Inharrime.....	122
Anexo 33. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 3 Inharrime.....	123
Anexo 34. Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 4 Inharrime.....	124

Lista de Abreviaturas

Ar	Arenoso
A	Ambiente
Far	Franco arenoso
ANOVA	Análise de variância
cm	Centímetros
DBCC	Delineamento de blocos completos casualizados
FAOSTAT	estatísticas da FAO
g	Gramas
G	Genótipo
GxA	interação entre o genótipo e ambiente
ha	Hectares
INAME	instituto nacional de meteorologia
INE	instituto nacional de estatística
INGC	instituto nacional de gestão de calamidades
Kg	Quilogramas
mm	Milímetros
NSV	número de sementes por vagens
NVP	número de vagens por planta
P100S	peso de 100 sementes
Pi	medida de superioridade de cultivar
REML	<i>residual maximum likelihood</i> - mássima verossimilhança residual
RG	rendimento do grão
Ton	Toneladas
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
AEC	coordenada da média ambiental

Capítulo I: Introdução

1.1 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está organizada em seis capítulos, escritos de forma independente. Dado que os capítulos estão relacionados, alguma sobreposição na informação poderá acontecer. No final de cada, é apresentado o conjunto de referências consultadas para escrever o capítulo em causa. Assim, a organização da dissertação é a seguinte:

1. **Capítulo I:** Introdução geral. Este capítulo consiste de generalidades sobre o feijão nhemba, concretamente, a sua importância para a dieta alimentar, para os sistemas de cultivo, sua produção e produtividade, e os constrangimentos a estes associados. Além disso, inclui também os objectivos e hipóteses de pesquisa.
2. **Capítulo II:** Revisão bibliográfica. Este capítulo apresenta os principais conceitos relacionados a esse tipo de pesquisa. Faz referência aos ensaios multi-locais, a utilização e eficiência da análise REML, os diversos conceitos sobre interação, causas e tipos e as diferentes abordagens sobre estabilidade.
3. **Capítulo III:** Avaliação do desempenho de 24 genótipos de feijão nhemba em condições marginais e não marginais do sul de Moçambique. Este capítulo analisa o desempenho dos genótipos sob diferentes formas de gestão de cultivo.
4. **Capítulo IV:** Estabilidade de rendimento de grão de genótipos de feijão nhemba em diferentes ambientes na região sul de Moçambique. Este capítulo trata da identificação de genótipos com estabilidade e alta produtividade para a região sul de Moçambique com base nos métodos GGE biplot e medida de superioridade do cultivar.
5. **Capítulo V:** Visão geral da dissertação. Este capítulo faz um sumário dos principais resultados e conclusões da pesquisa.

1.2 Generalidades sobre a cultura do feijão nhemba

O feijão nhemba [(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)], é uma cultura bem adaptada às condições das zonas tropicais e subtropicais do mundo. Por ser considerada tolerante a seca, é uma das culturas preferidas para cultivo em diversas regiões secas do mundo (Dadson *et al.*, 2005). É cultivado tanto nas regiões áridas e semi-áridas onde a precipitação média anual é inferior a 600 mm quanto nas regiões de florestas onde a precipitação média anual varia entre 1000 e 1500 mm (Singh e Rachie, 1985). Porém, a cultura tem maior expressão em África onde é maioritariamente cultivada pelo sector familiar (Singh e Rachie, 1985). Sendo que, na África sub-Sahariana, em particular, a cultura é cultivada para obtenção de folhas, vagem verde e grão (Singh e Rachie, 1985).

O feijão nhemba é predominantemente produzido em África. Estatísticas da FAOSTAT (2012) indicam que cerca de 95% da produção total mundial da cultura estimadas em cerca de 5,737,836 toneladas e 98% da área total mundial estimada em cerca de 10,688,653 hectares são feitos em África. Dentre os maiores produtores da cultura destacam-se a Nigéria, seguida de Níger, Burkina Faso e República Unida da Tanzânia (Figura 1.1).

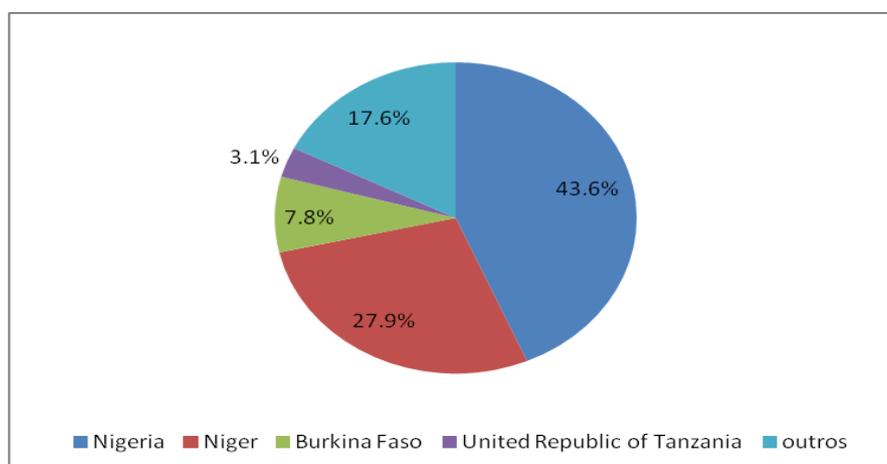


Figura 1.1: Percentagem da produção de feijão nhemba em relação à produção mundial por país em 2012

Fonte: FAOSTAT (2012)

Parte considerável da produção é feita em condições de sequeiro excepto nos Estados Unidos de América onde a cultura é feita em condições de rega (Singh e Rachie, 1985).

Em África, a cultura desempenha um papel bastante importante na nutrição humana. Devido ao seu elevado conteúdo de proteínas estimado em cerca de 25% de peso seco (Bressani, 1985; Singh *et al.*, 2003), o feijão nhemba suplementa a dieta de muitos agregados familiares que é geralmente baseada em cereais, raízes e tubérculos que são pobres em proteínas (Lambot, 2002). A cultura também possui quantidades consideráveis de carbo-hidratos, vitaminas (Bressani, 1985) (Tabela 1.1) e minerais como potássio (1430.0 mg.100 g⁻¹), fósforo (510.0 mg.100 g⁻¹), cálcio (140.0 mg.100 g⁻¹), ferro (6.8 mg.100 g⁻¹), zinco (4.1 mg.100 g⁻¹) e manganês (1.5 mg.100 g⁻¹) (Frota *et al.*, 2008).

Tabela 1.1: Conteúdo de nutrientes de oito cultivares de feijão nhemba

Nutriente	Variação	Média
Proteína (g/100g)	24.1 – 25.4	24.8 ± 0.48
Extrato éter (g/100g)	1.1 – 3.0	1.9 ± 0.62
Fibra bruta (g/100g)	5.0 – 6.9	6.3 ± 0.64
Cinza (g/100g)	3.4 – 3.9	3.6 ± 0.17
Carbohidratos (g/100g)	60.8 – 66.4	63.6
Tiamina (mg/100g)	0.41 – 0.99	0.74 ± 0.22
Riboflavina (mg/100g)	0.29 – 0.76	0.42 ± 0.14
Niacina (mg/100g)	2.15 – 3.23	2.81 ± 0.26

Fonte: Bressani (1985)

O feijão nhemba é também uma importante componente dos sistemas de produção. A cultura melhora a fertilidade dos solos devido à sua capacidade de fixar o nitrogénio atmosférico contribuindo para o aumento dos rendimentos de milho e outras culturas exigentes em nitrogénio cultivadas com ou depois dele (Singh e Rachie, 1985; Tarawali *et al.*, 2002). O feijão nhemba é usado como adubo verde ou como material para sideração com o propósito de melhorar a produtividade dos solos (Skerman, 1977). Além disso, esta leguminosa pode ser também usada como cultura de cobertura, sendo semeada entre linhas da cultura principal, ajudando desse modo, a proteger o solo da erosão hídrica causada por chuvas intensas durante a época chuvosa (Skerman, 1977). Dado ao seu rápido crescimento, o nhemba reduz a infestação do campo pelas ervas daninhas reduzindo a necessidade de sachas frequentes, minimizando assim a pressão das famílias produtoras pela força de trabalho. As suas raízes

profundas e os restos da cultura contribuem para o melhoramento da estrutura do solo e fertilidade. Por isso, esta é uma cultura com alto potencial para melhorar a segurança alimentar, incrementar a renda familiar e conservar o ambiente de milhares de produtores que a praticam e a consomem.

O rendimento do feijão nhemba é bastante variável. Essa variabilidade é atribuída a factores como gestão cultural, sistema de cultivo adoptado e condições ambientais dos locais de produção. Por exemplo, rendimentos na ordem de 88 kg.ha⁻¹ têm sido reportados nas machambas dos camponeses do sector familiar em condições de consociação, baixas densidades de plantas (1000 plantas.ha⁻¹) e sem aplicação de fertilizantes e pesticidas (Slade, 1977 citado por Singh e Rachie, 1985). Contudo, rendimentos variando entre 1000 e 4000 kg.ha⁻¹ têm sido reportados em condições de cultivo puro e boa gestão cultural (Slade, 1977 citado por Singh e Rachie, 1985).

Erskine e Khan (1977) citados por Singh e Rachie (1985), reportaram que variedades locais produziram rendimentos similares aos das variedades melhoradas quando cultivadas em ambientes de alto rendimento potencial. Resultados similares foram também obtidos por Smithson *et al.* (1980) e Summerfield *et al.* (1983) citados por Singh & Rachie (1985). Estes resultados sugerem que para além da gestão cultural e sistema de cultivo, o ambiente onde o feijão nhemba é cultivado também desempenha um papel importante para obtenção de altos rendimentos.

Em Moçambique, o feijão nhemba é também uma cultura bastante importante. É a segunda leguminosa mais cultivada depois do amendoim (INE, 2010). É cultivada quase exclusivamente pelo sector familiar em condições de sequeiro para obtenção de grão, vagem verde e folhas para o consumo humano e geração de renda familiar (Heemskerk, 1985). A sua produção é feita em todo o país, mas as zonas agro-ecológicas R7 e R8 São indicadas como as mais adequadas para a sua produção (Walker *et al.*, 2006).

Não obstante a sua importância, os rendimentos observados continuam muito baixos. Dados correspondentes ao período compreendido entre 2002 e 2012, indicam que o rendimento nacional esteve sempre abaixo da média mundial (FAOSTAT, 2012) (Figura 1.2). Os factores que contribuem para os baixos rendimentos incluem: pragas, doenças, infestantes, nemátodos, práticas culturais inadequadas e semente de baixa qualidade (Singh e Rachie, 1985), pouca

qualidade dos serviços de extensão, cultivo de variedades de baixo rendimento potencial e variedades não melhoradas (Singh e Rachie, 1985), pouca pesquisa para o melhoramento da cultura (Singh e Rachie, 1985), baixa fertilidade dos solos (INIA, 2003; INGC, 2009) e seca (Singh e Rachie, 1985; INIA, 2003; Chiulele, 2010).

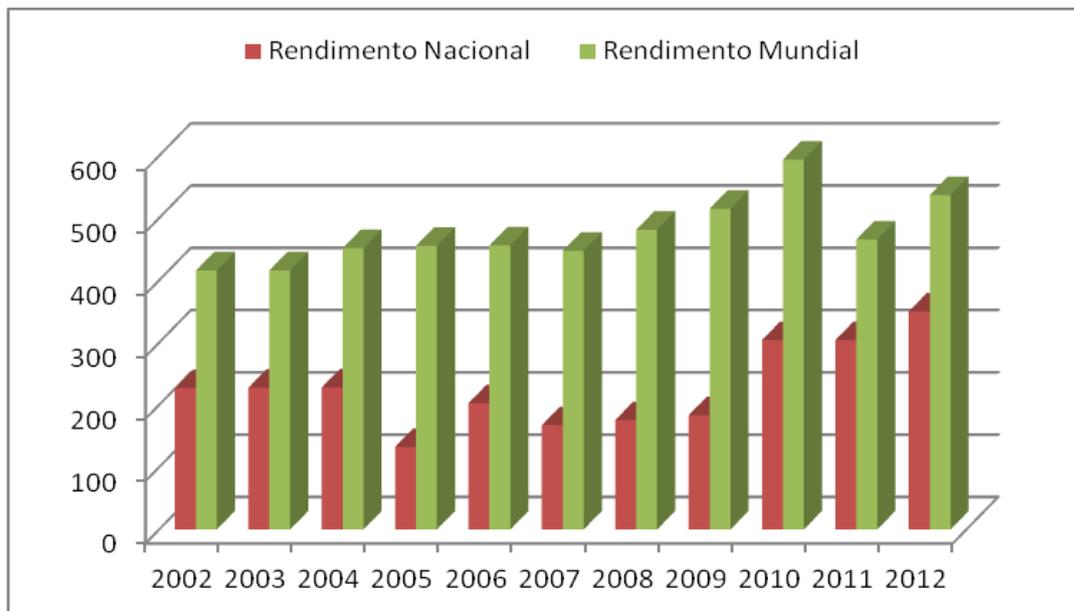


Figura 1.2. Variação temporal do rendimento do grão de feijão nhemba em Moçambique e no mundo nos últimos 10 anos.

Além de serem baixos, os rendimentos do feijão nhemba tem sido bastante variáveis duma campanha para outra e dum local para o outro. Esta variabilidade leva a instabilidade da produção que acaba por afectar a segurança alimentar dos agregados familiares, principalmente, os de baixa renda. Portanto, a identificação de variedades de alto rendimento e que possam ser pouco influenciadas pelas variações causadas por factores biótico e abióticos afigura-se de grande importância para garantir a segurança alimentar dos camponeses que produzem sem utilizar insumos (fertilizantes, pesticidas, irrigação).

1.3 Problema do estudo e justificação

Em Moçambique, o feijão nhemba é produzido em condições de sequeiro e sem aplicação de insumos como fertilizantes e pesticidas. A precipitação ao longo do país é caracterizada por uma grande variabilidade intra, inter-sazonal e espacial (INGC, 2009). Por exemplo, os dados da precipitação dos últimos 30 anos, indicam que na região sul, a precipitação é bastante variável ao longo dos locais (Figura 1.3). Além disso, há evidências de variação das condições climáticas ao longo do tempo no mesmo local. Nos últimos 9 anos, a precipitação em Ricatla variou. Em 2013 a precipitação foi de 409.5 mm, em 2012 foi de 448.6 mm, em 2011, 283.2 mm, 2010, 242.5 mm, 2009, 235.0 mm, 2008, 220.8 mm, 2007, 455.7 mm, 2006, 255.5 mm e 2005, 532.1 mm. Este comportamento também tem sido observado noutros locais de produção do feijão nhemba. Para além da variabilidade na precipitação, a cultura é também produzida sem aplicação de pesticidas. Como resultado, regista-se um grande ataque da cultura por pragas como o besouro da folha, afídeos, trips da flôr e incidência de doenças como o mosaico dos afídeos e mosaico dourado. O efeito destes factores combinado com a baixa fertilidade de solos (Gomes *et al.*, 1997 citado por INGC, 2009) e a baixa capacidade de retenção de humidade (100mm/m – 50mm/m) dos solos onde o feijão nhemba é maioritariamente cultivado (Reddy, 1986 citado por INGC, 2009), levam a rendimentos baixos e instáveis.

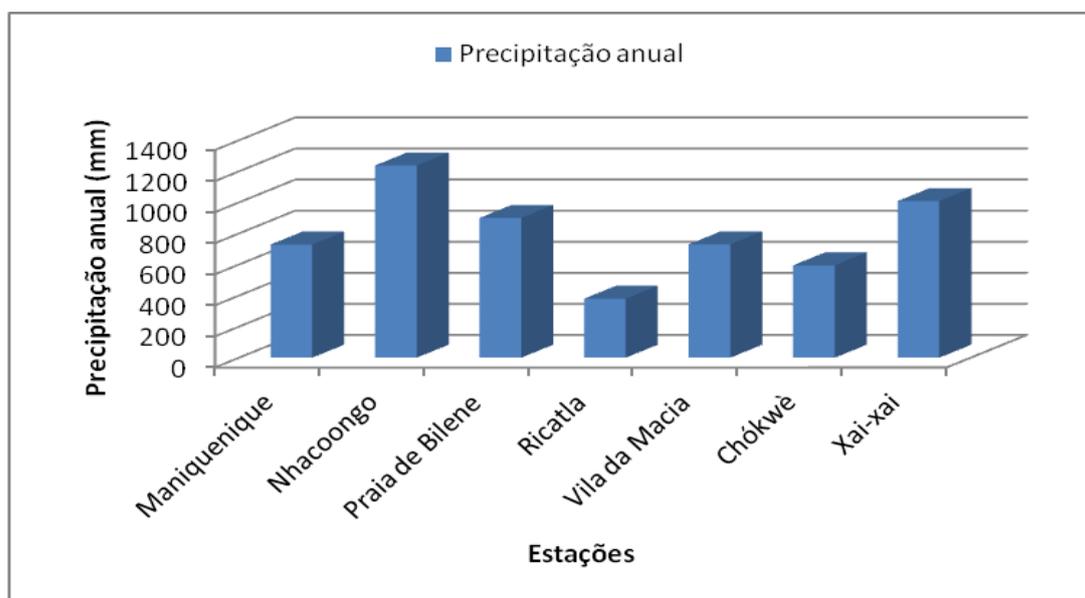


Figura 1.3. Variação espacial da precipitação em sete locais no sul de Moçambique

Fonte: INAME (2013)

As previsões do Instituto Nacional de Gestão das Calamidades apontam para um agravamento na variabilidade espacial e temporal da precipitação (INGC, 2009) resultante de alterações climáticas nos próximos tempos. Essa variabilidade vai afectar grandemente a productividade das culturas, principalmente aquelas cuja produção é dependente das chuvas levando a rendimentos baixos e cada vez mais instáveis numa campanha para outra e dum local para o outro. Apesar do feijão nhemba ser afectado pela variabilidade inter e intra-sazonal da precipitação, ainda há poucos estudos realizados para a identificação de variedades estáveis.

Este estudo faz parte dos poucos desenhados para avaliar a estabilidade do rendimento do feijão nhemba à diferentes condições ambientais e de gestão da cultura na região sul de Moçambique. A informação produzida com base neste estudo vai permitir a identificação de genótipos capazes de serem produzidas em ambientes caracterizados por grande variabilidade da precipitação e doutras condições bióticas e abióticas que afectam a produção do feijão nhemba. Por outro lado, essa informação vai permitir a produção de recomendações sobre o cultivo das variedades testadas em função da sua adaptação geral ou específica. Por isso, o presente estudo foi realizado para avaliar o desempenho e estabilidade do rendimento de 24 genótipos do feijão nhemba às condições ambientais e de cultivo da região sul de Moçambique.

1.4 Objetivos do estudo

O objetivo geral desta pesquisa foi de:

- ❖ *Avaliar o desempenho dos genótipos de feijão nhemba sob diferentes formas de gestão e sua estabilidade quanto ao rendimento do grão na região sul de Moçambique.*

Os objectivos específicos foram de:

- ❖ Avaliar o desempenho de 19 genótipos introduzidos de feijão nhemba em comparação com 5 já libertados em Moçambique;
- ❖ Identificar e caracterizar o tipo de interacção prevalecente na região sul de Moçambique;
- ❖ Avaliar a estabilidade de rendimento do grão de feijão nhemba em diferentes ambientes no sul de Moçambique.

1.5 Hipóteses testadas

A presente pesquisa foi conduzida para testar as seguintes hipóteses:

- 1) Pelo menos um dos novos genótipos supera os genótipos já libertados;
- 2) Existe interação qualitativa forte entre genótipos e ambientes na região sul de Moçambique;
- 3) Existe pelo menos um genótipo estável e adequado para cultivo entre os materiais testados;

Referências

- Bressani, R. 1985. Nutritive Value of Cowpea. p. 351 – 359. *In* S. R. Singh e K. O. Rachie. Cowpea Research, Production and Utilization. New York, John Wiley & Sons. 460p.
- Chiulele, R.M. 2010. Breeding cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for improved drought tolerance in Mozambique. Tese (Doutoramento em melhoramento de plantas). Univ. KwaZulu-Natal, África do Sul.
- Dadson, R.B., F.M. Hashem, I. Javaid, A.L. Allen, and T.E. Devine. 2005. Effect of water stress on yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes in the Delmarva region of the United States. *J. Agron. Crop Sci.* 191:210-217.
- FAOSTAT. 2012. Statistics of cowpea production. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. acessado em 18/10/2013.
- Frota, K.M.G, R.A.M. Soares, J.A.G. Arêas. 2008. Composição do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 28(2): 470-476.
- Heemskerk, W. 1985. Cultura do Feijão (Nhemba). Serie n. 1. Serie – agricultura. Ministério da agricultura. 33p.
- INGC. 2009. Impact of climate change on disaster risk in Mozambique: Main report. 299Pp.
- INIA. 2003. Programa de leguminosas the grão. Instituto Nacional de Investigação Agronómica (INIA), Maputo, Mozambique.
- Lambot, C. 2002. Industrial potential of cowpea. Pp. 367 – 375. *In* C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa and M. Tamo, eds. Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.

- Singh, B. B., Ajeibe, H. A., Tarawali, S. A., Fernandez-Rivera, S. and Abubakar, M., 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Res.* 84: 169 - 177.
- Singh, S. e Rachie, K. 1985. *Cowpea Research, Production and Utilization*. Nova Iorque, John Wiley e Sons. 460p.
- Skerman, P. J. 1977. Tropical forage legumes. *Plant production and protection series no. 2*. FAO: Roma: 1 – 9 (609)pp.
- Tarawali, S.A., Singh, B.B., Gupta, S.C., Tabo, R., Harris, F., Nokoe, S., Fernandez-Rivera, S., Bationo, A., Manyong, V.M., Makinde, K. and Odion, E.C., 2002. Cowpea as a key factor for a new approach to integrated crop-livestock systems research in the dry savannas of West Africa. Pp. 233-251. *In* C.A. Fatokun, B.B. Singh, P.M. Kormawa, and M. Tamò, eds. *Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.
- Walker, T., R. Pitoro, A. Tomo, I. Siteo, C. Salência, R. Mahanzule, C. Donovan, e F. Mazuze. 2006. Estabelecimento de Prioridades para a Investigação Agrária no Sector Público em Moçambique Baseado nos Dados do Trabalho de Inquérito Agrícola (TIA). Relatório de Pesquisa No. 3P.

2.1 Introdução

Este capítulo serve como um referencial teórico dos principais assuntos discutidos ao longo do trabalho. Esses incluem fundamentalmente a avaliação do desempenho dos genótipos em vários locais, a análise da interação entre variedade e ambiente e estabilidade das variedades bem como a metodologia usada nessa análise. Outros assuntos periféricos mas que são importantes ao estudo incluem: a utilização de modelos lineares mistos (REML) e conceitos de estabilidade.

2.2 Importância dos ensaios multi-locais

O estudo de estabilidade é feito com base em ensaios multi-locais. Estes ensaios envolvem vários genótipos em diversos ambientes. Pela natureza dos ensaios o delineamento de blocos incompletos tem sido amplamente usados em detrimento de blocos completos casualizados (DBCC). A justificativa é que no DBCC, com o aumento dos tratamentos aumenta o tamanho dos blocos, e por conseguinte, o erro experimental devido a perda de homogeneidade dentro destes (Gomez e Gomez, 1984). Portanto, este se torna ineficiente na redução e controle do erro experimental.

Vários pesquisadores têm estudado métodos mais eficientes na redução do erro experimental em ensaios multi-locais. Por exemplo, Kashif *et al.* (2010), compararam a eficiência dos delineamentos alfa-lattice em relação ao DBCC na redução do erro experimental e descobriram que o delineamento de blocos incompletos (alfa lattice) eram 19 à 28% mais eficientes que o DBCC. Eficiência dos lattices sobre DBCC já vem sendo reportada por outros pesquisadores (Gomez e Gomez, 1984; Raza e Masood, 2009). Contudo, é importante notar que quando a homogeneidade de blocos pode ser garantida, o delineamento de blocos completos casualizados é recomendado em detrimento do delineamento de blocos incompletos devido a perda de graus de liberdade para estimar o erro em delineamento de blocos incompletos.

Os ensaios multi-locais são conduzidos com o objectivo de avaliar o padrão de resposta dos génotipos através dos ambientes; providenciar guias para identificação dos melhores génotipos e locais adequados para selecção (Crossa, 1990). Por isso, os ensaios multilocais são bastante importantes em programas de melhoramento principalmente na fase final de identificação de génotipos candidatas a libertação.

Para determinar o padrão de resposta de génotipos em ensaios multilocais, vários métodos têm sido usados. Os mais comuns incluem: Análise de variância convencional (Fisher, 1918, 1925 citado por Crossa, 1990), regressão linear e regressão não linear (Finlay e Wilkinson, 1963, Ebherart e Russel, 1966), análises multivariadas (Gauch, 1992), análises não paramétricas (Lin e Binns, 1988).

As desvantagens de alguns desses métodos impõem a sua utilização com bastantes ressalvas. Por exemplo, o método de análise de variância convencional tem a desvantagem de não descrever de forma adequada a estrutura adicional da componente não aditiva no modelo (Crossa, 1990). O método de regressão linear viola um dos pressupostos de análise, dado que a média dos génotipos (considerada variável independente) não é independente da média marginal dos ambientes (considerada variável dependente) (Crossa, 1990). Gomes e Gomes (1984) referem que construir um modelo de regressão em que as variáveis não são independentes viola um dos pressupostos da análise de regressão o que resulta na produção de conclusões incorretas. Crossa (1990), refere que a violação do pressuposto de independência é mais grave nos casos em que o número de génotipos avaliados é menor que 15. Por outro lado, esse método assume uma resposta linear dos génotipos em relação aos ambientes. No entanto, sabe-se que a resposta dos génotipos aos ambientes não é linear, mas sim multi-variada (Crossa, 1990).

Além de Crossa (1990), outros pesquisadores discutiram as ressalvas na utilização desses métodos (Borges *et al.*, 2000; Pereira *et al.*, 2009). A diversidade de métodos de análise evidencia o esforço dos pesquisadores na busca de algoritmos que melhorem o entendimento sobre a estabilidade, permitindo um aumento dos ganhos genéticos, pela alocação óptima de génotipos em vários ambientes. A busca de melhores algoritmos tem vindo a evoluir nos últimos tempos.

Muito recentemente, o método GGE biplot foi proposto para a análise da estabilidade dos genótipos (Yan, 2000, 2001) e têm atraído muita atenção dos pesquisadores. Por conseguinte, tem sido cada vez mais utilizado em pesquisas de estabilidade. Esse método, traz vantagens na seleção de variedades quando comparado com os anteriores (Zobel *et al.*, 1988) porque fornece maior detalhe da soma dos quadrados da interação, e possibilita a representação gráfica simultânea dos pontos dos efeitos da interação para cada genótipo e ambiente, a partir da análise multivariada (Crossa, 1990).

Os dados gerados em ensaios multi-locais são, muitas vezes, de natureza não balanceada. Particularmente quando os camponeses são envolvidos nos ensaios, porque estes testam, normalmente, partes dos tratamentos do ensaio, conduzindo desse modo, ensaios incompletos. De acordo com O'Neill (2010) as técnicas usadas para analisar esses dados incluem análise de variância (ANOVA), regressão, máxima verossimilhança residual (REML) - *residual maximum likelihood*. Para dados balanceados e parcialmente balanceados, os resultados da ANOVA não diferem dos obtidos pela análise REML (Wulff, 2007; O'Neill, 2010). No entanto, dados não balanceados impõem tratamentos estatísticos específicos.

Swallow & Monahan (1984), demonstraram que a análise REML é bastante eficiente para dados não balanceados contrariamente a ANOVA. A ineficiência da ANOVA para dados não balanceados foi confirmada por O'Neill (2010).

O algoritmo REML é um procedimento de modelos lineares mistos facilmente usado no programa GenStat (Payne, 2009). Dentre as suas vantagens se destacam: o facto de poder analisar dados de ensaios não balanceados e permitir proceder análise simultânea de dados de ensaios dispersos para obter estimativas combinadas dos tratamentos de interesse.

2.3 Ambiente

Romagosa (1993) define o ambiente como o conjunto de condições nas quais as plantas crescem. No entanto, refere que este pode envolver: local, ano, práticas culturais ou a combinação desses elementos. Esta definição sugere duas dimensões para o conceito de ambiente: a dimensão espacial, temporal. A dimensão espacial considera aspectos como o

local, ou a combinação entre o local e as práticas culturais, enquanto a dimensão temporal seria qualquer combinação incluindo o ano.

Para efeitos da presente pesquisa, usou-se o termo ambiente na sua dimensão espacial. Assim, o ambiente foi definido como a combinação entre as características (edafo – climáticas) do local e práticas culturais adoptadas. O ano se torna irrelevante neste conceito pelo facto do ensaio decorrer numa única campanha agrícola.

2.4 Interação entre Genótipo e Ambiente

A interação entre genótipo e ambiente é um fenómeno importante em programas de melhoramento genético de culturas. Na sua presença, genótipos com bom desempenho num ambiente podem apresentar mau desempenho quando cultivados em outros ambientes (Romagosa, 1993). Por isso, o processo de selecção e recomendação generalizada de genótipos torna-se complicado (Annicchiarico, 2002).

Por isso, a medição da interação é importante na determinação de estratégias para selecção e recomendação de genótipos com adaptação adequada para ambientes desejados (Romagosa, 1993). A literatura apresenta vários conceitos sobre interação entre genótipo e ambiente que são bastante concordantes entre si. Por exemplo, Baker (1988) refere que a interação entre o genótipo e o ambiente é a diferença entre o valor fenotípico e o valor esperado a partir dos valores genotípicos e ambientais correspondentes.

Romagosa (1993) indica que a interação entre o genótipo e o ambiente é a diferença na expressão fenotípica que os genótipos apresentam quando cultivados em ambientes diferentes. Para Fernandez (1991), a interacção é o fenómeno que resulta na mudança de classificação dos genótipos entre locais ou anos. Os conceitos são concordantes com a teoria de Hill (1998) que indica que, a interacção resulta apenas em alterações de expressão fenotípica enquanto a composição genética dos indivíduos testados permanece inalterada.

A interacção pode ser de duas formas a saber: qualitativa (*cross-over interation*) quando resulta em mudança no ordenamento dos genótipos quando cultivados em ambientes diferentes e quantitativa (*non cross- over interation*) quando resulta apenas em diferenças na

magnitude do desempenho dos genótipos entre os ambientes sem alteração no ordenamento dos genótipos (Crossa, 1990). Embora os dois tipos possam ocorrer em simultâneo, apenas a interacção qualitativa é aquela que mais preocupa aos melhoradores, porque dificulta os processos de selecção e recomendação generalizada de variedades para uma região (Crossa, 1990).

As causas da interacção são de natureza ambiental (previsíveis ou imprevisíveis) ou biológica. As causas ambientais resultam de variações ambientais e incluem factores permanentes do ambiente, aqueles nos quais o homem actua de forma directa, como o tipo de solo, de adubação, época de sementeira e factores imprevisíveis como flutuações climáticas, ocorrência de pragas e doenças (Allard e Bradshaw, 1964). Sob ponto de vista biológico, a interacção pode ser dividida em duas partes. A primeira parte, ocorre devido às diferenças na variabilidade genética, que ocorre dentro de ambientes (parte simples da interacção), e a segunda, advém da falta de correlação linear perfeita entre os genótipos, de um ambiente para o outro (parte complexa da interacção) (Lavoranti, 2003).

A interacção entre o genótipo e ambiente pode contribuir para a instabilidade espacial e temporal do rendimento das culturas e afectar negativamente o rendimento dos agricultores contribuindo para a insegurança alimentar (Annicchiarico, 2002). Assim, para diminuir o efeito da interacção (GxE) é necessário conduzir pesquisas pormenorizadas sobre estabilidade de rendimento, de modo, a compreender os efeitos da interacção e tomar as melhores decisões na selecção e recomendação de genótipos (Arruda, 2011).

Existem três modos de atenuar a interacção entre genótipos e ambientes. O primeiro, é identificar genótipos específicos para cada ambiente; o segundo, realizar o zoneamento ecológico ou estratificação ambiental e o terceiro, identificar genótipos com maior estabilidade fenotípica. O último modo, é o mais utilizado, por poder ser aplicado nas mais variadas situações, requerendo estudos sobre o desempenho genotípico, com base nos métodos de análise de estabilidade. Com o estudo de estabilidade dos genótipos, torna-se possível a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Vencovsky e BARRIGA, 1992).

2.5 Estabilidade e adaptabilidade

Existem, na literatura, diferentes abordagens sobre o conceito de estabilidade. Alguns autores preferem usar o termo estabilidade para referirem-se, apenas, a dimensão temporal da variação do desempenho dos genótipos e o termo adaptabilidade como sinónimo de estabilidade espacial (dimensão espacial). Outros porém, usam os termos estabilidade e adaptabilidade relativamente ao ambiente sem, no entanto, especificarem a dimensão de ambiente em causa.

O estudo de estabilidade do rendimento, proporciona informações detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo em relação as variações ambientais. E por conseguinte, permite seleccionar genótipos de alta produtividade e estáveis na região para a qual serão recomendados (Cruz; Regazzi, 1994). Esses estudos incluem análises e procedimentos estatísticos que permitem identificar genótipos de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais.

De acordo com Lewis (1954), a estabilidade é a capacidade de um indivíduo ou uma população produzir variações mínimas de fenótipos em diferentes ambientes. Finlay e Wilkinson (1963), definiram a estabilidade (dinâmica) como a variação do desempenho do genótipo em função da capacidade dos ambientes, em proporcionar altas ou baixas produtividades. Segundo Allard e Bradshaw (1964), a estabilidade é a capacidade dos genótipos apresentarem potencial para ajustar o seu estado genotípico e fenotípico às flutuações ambientais. Para Eberhart e Russel (1966) e Mariot *et al.* (1976), a adaptabilidade é a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos do ambiente. Cruz e Regazzi (1994) concordam com este conceito e referem que a estabilidade é a capacidade dos genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível, em função do estímulo ambiental. Heinrich *et al.*, (1983), descreveram estabilidade de produção, como a capacidade de um genótipo evitar flutuações substanciais na produção em vários ambientes. Yue *et al.* (1997), definiram estabilidade como sendo a consistência na classificação relativa dos genótipos, num dado grupo de ambientes.

De acordo com Becker e Leon (1988), a estabilidade é dividida em dois tipos: estática e dinâmica. A estabilidade estática é aquela associada a aqueles genótipos que apresentarem desempenho constante com as variações ambientais. Este tipo de estabilidade é desejável

quando se quer preservar determinada característica genética, sobretudo, características genéticas qualitativas. Por outro lado, a estabilidade dinâmica, é aquela associada aos genótipos que apresentam um comportamento previsível dentro das variações ambientais. Este tipo de estabilidade é desejável para analisar características genéticas quantitativas.

Além dessa divisão, Vencovsky e Torres (1988) propuseram outro tipo de divisão da estabilidade: a estabilidade espacial e a estabilidade temporal. Para estes autores, a estabilidade espacial é a consistência no ordenamento dos genótipos quando cultivados em locais diferentes. Este conceito está relacionado com a dimensão espacial do ambiente. A estabilidade temporal é consistência no ordenamento dos genótipos quando cultivados no mesmo local ou não em varias campanhas. Este conceito está relacionado com a dimensão temporal do ambiente. Ainda de acordo com os mesmos autores, a estabilidade espacial é muitas vezes usada como sinonimo de adaptabilidade. Por exemplo, Fox *et al.* (1997) na sua pesquisa, usaram o termo adaptabilidade para referirem-se a dimensão espacial da estabilidade e estabilidade para referirem-se a sua dimensão temporal.

Vencovsky e Barriga (1992) chamaram a atenção para existência de grupos de pesquisadores que preferiam utilizar o termo estabilidade para referirem-se à maior habilidade apresentada por certos genótipos, para adaptarem-se às flutuações climáticas ao longo de anos agrícolas, dentro de uma localidade. O termo adaptabilidade seria, nesse caso, empregue para designar a adaptação ecológica a diferentes ambientes, tais como locais ou outras condições geográficas. Portanto, o conceito de estabilidade e/ou adaptabilidade é importante para os melhoradores, cujo interesse esta na obtenção de genótipos que se comportem bem, não apenas num ambiente particular, mas também numa faixa ampla de cultivo com diferentes condições ambientais.

Estudos de estabilidade, realizados em varia partes do mundo, têm demonstrado que é possível obter genótipos estáveis com elevada produtividade para diferentes ambientes. Na Etiópia, Asfaw *et al.* (2012), analisaram a estabilidade de feijão holoco [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] no sudeste desse país com base na análise GGE Biplot e identificaram o genótipo MH-96-4 como tendo potencial para ser produzido em todo sudeste da Etiópia devido ao facto de combinar alto rendimento e estabilidade nessa região. Na Ásia, Sharma *et al.* (2012) estudaram a estabilidade de 137 genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) em ambientes semi-áridos no centro e este da Asia e descobriram que diferentes genótipos mostraram

superioridade em ambientes de baixa e de alta produtividade. Identificaram genótipos com adaptação específica e outros com estabilidade nos ambientes avaliados. Na Austrália, Farshadfar *et al.* (2012) estudaram a interação entre genótipos e ambiente na cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.). O estudo envolveu sete genótipos de trigo em duas condições, sequeiro e irrigado usando o método GGE biplot e conseguiram identificar um genótipo de adaptação específica (DAL) H7 e outro com estabilidade nos ambientes avaliados DAL H2.

Na Etiópia, Jalata (2011) estudou a estabilidade de 18 genótipos de cevada (*Hordeum vulgare* L.) em 11 ambientes para avaliar o desempenho de rendimento em cada ambiente, examinar a possibilidade da existência de diferentes mega-ambientes e identificar os genótipos superiores em cada ambiente. O autor concluiu que, os genótipos de cevada mostraram interação qualitativa entre os ambientes. Identificaram um genótipo de alto rendimento e estável para a região (Shasho # 22 Go-1(Sn98B) que foi posteriormente libertado com o nome comum *Biftu*. Além disso, conseguiu fazer estratificação ambiental da região em dois mega-ambientes.

Em Moçambique, Chiulele (2010) avaliou a estabilidade de feijão nhemba [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] em Umbeluzi e Chókwè em condições de sequeiro e irrigado em três campanhas e identificou a ocorrência de interação qualitativa, genótipos de adaptação específica e de adaptação geral. Além disso, também identificou ambientes de alto e de baixo rendimento. Porém, não identificou nenhum ambiente adequado para selecção de genótipos superiores. Na Turquia, Kaya *et al.* (2006), estudaram estabilidade de 25 genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) em 9 ambientes e concluíram que os genótipos exibiram os dois tipos de interação, a interação qualitativa e quantitativa. Identificaram genótipos estáveis e de rendimento alto e dois possíveis mega-ambientes para o cultivo de trigo.

No Paquistão, Hamayoon *et al.* (2001), estudaram o desempenho de 20 genótipos de grão-de-bico ou ervilha de galinha (*Cicer arietinum*) sob duas condições ambientais diferentes usando o método GGE Biplot. Com esse estudo, identificaram o genótipo Lo-3 como aquele que combinou alto rendimento e estabilidade na região. Além disso, o método GGE biplot foi útil nesse estudo para identificar o melhor ambiente para diferenciação genética, tendo identificado Karak para esse efeito.

Todavia, vários autores referem que a medida de superioridade da variedade Pi proposta por Linn e Binns (1988) é um método fácil para o estudo da estabilidade. E por via disso, tem permitido uma fácil recomendação de materiais promissores para diferentes ambientes (Farias *et al.*, 1997; Daros e Amaral Júnior., 2000; Ledo *et al.*, 2005; Côrrea *et al.*, 2006; Daher, *et al.*, 2003).

Referências

- Allard, R. W., A.D. Bradshaw. 1964. implications of genotype – environmental interaction in applied plant breeding. Crop Science society of America. 4(5): 503-508.
- Annichiarico, P. 2002. Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. Food and Agriculture Organization of United Nation (FAO). Roma: Itália. 142pp.
- Arruda, K. R. 2011. Características agronômicas, adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto no estado de Roraima. Tese de Mestrado. Univiversidade Federal de Roraima, Boa Vista.
- Asfaw, A., F. Gurum, F. Alemayehu, and Y. Rezene. 2012. Analysis of multi-environment grain yield trials in mung bean (*Vigna radiata* L.) Wilczek based on GGE Biplot in southern Ethiopia. J. Agr. Sci. Tech. 14: 389–398.
- Becker, H.C. & Léon, L. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding. 101(1):1-23.
- Borges, L.; D. F. Ferreira; M. A. P. Ramalho. 2000. Emprego de Metodologias de Avaliação da Estabilidade Fenotípica na Cultura do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista ceres. 47(269): 89-102.
- Chiulele, R.M. 2010. Breeding cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for improved drought tolerance in Mozambique. Tese de Doutorado em melhoramento de plantas. Univiversidade KwaZulu-Natal, República da África do Sul.

- Corrêa, L. V. T., A. N. G. Mendes, G. F. Bartholo. 2006. Comportamento de progênies de cafeeiro Icatu. *Ciência e Agrotecnologia*. 30(4):618-622.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Advance in Agronomy*. 44:55-85.
- Cruz, C. D., A. J. Regazzi. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UVF. 390p.
- Daher, R. F., M. G., Pereira, A. T. do, Amaral Júnior, A. V., Pereira, F. J. da S., Lédo, Daros, M. 2003. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim elefante (*pennisetum purpureum* Schum.). *Ciênc. Agrotec*. 27 (4): 788-797.
- Daros, M., A. T. Amaral Júnior. 2000. Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. *Acta Scientiarum*. 22(4): 911-917.
- Eberhart, S.A. & W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6(1):36-40.
- Farias, F. J. C., M. A. P. Ramalho, L. P. Carvalho, J. A. N. Moreira, J. N. Costa. 1997. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 32:407-414.
- Farshadfar, E., R. Mohammadi, M. Aghae, Z. Vaisi .2012. GGE biplot analysis of genotype × environment interaction in wheat-barley disomic addition lines. *Australian Journal of Crop Science*. 6(6):1074-1079.
- Finlay, K.W. & G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Australian Journal of Agricultural Research*. 14(5):742-754.
- Gomez, K. A., A. A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2ed. John Wiley & Sons, New york. 679p.
- Hamayoon, R., H. Khan, Shahenshah, L. Naz, I. Munir, M. Arif, I. A. Khalil, and A. Z. Khan. 2011. Performance of chickpea genotypes under two different environmental conditions. *African Journal of Biotechnology* 10(9):1534-1544.

- Heinrich, G.M., C.A. Francis, J.D. Eastin. 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. *Crop Science*.23(2): 209-212.
- Hill, J., H. C. Becker & P. M. A. Ligerstedt. 1998. Quantitative and ecological aspects of plant breeding series 4. Pp 275, Chapman & Hall, London, uk.
- Jalata, Z., A. Ayana, H. Zeleke. 2011. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 5: 44-52.
- Kashif, M., M. I. Khan, M. Arif, M. Anwer, and M. Ijaz. 2011. Efficiency of Alpha Lattice Design in Rice Field Trials in Pakistan. *J. Sci. Res.* 3 (1): 91-95.
- Kaya, Y, M. Akçura, S. Taner. 2006. GGE-Biplot Analysis of Multi-Environment Yield Trials in Bread Wheat. *Turk J Agric.* 325-337.
- Lavoranti, O.J. 2003. Estabilidade e Adaptabilidade Fenotípica através da Reamostragem “Bootstrap” no modelo AMMI. Piracicaba. 184p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Lédo, F. J. da S., M de A. Botrel, A. R. Evangelista, M. C. M. Viana, A. V. Pereira, F. de S. Sobrinho, J. S Oliveira, D. F. Xavier, A. B. Heinemann. 2005. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras. 29(2): 409-414.
- Lewis, D. 1954. Gene-environment interaction. A relationship between dominance heterosis phenotype stability and variability. *Heredity*. 8(3): 333-356.
- Lin, C.S. & M.R. Binns. 1988. A method of analysing cultivar x location x years experiments: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*. 76(3):425-430.
- Lin, C.S., M.R. Binns, L.P. Lefkovieth. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*. 26(5):894-900.

- Mandel, J. 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics*. 13(1):1-18.
- Mariotti, J.A., E.S. Oyarzabal, J.M. Osa, A.N.R. Bulacio, G.H. Almada. 1976. Analisis de estabilidad e adaptabilidade de genótipos de cana de açúcar. Interacciones dentro de um localidade experimental. *Revista Agronómica Argentina*. 13: 105-127.
- O'Neill, M. 2010. *A Guide To Linear Mixed Models In An Experimental Design Context*. Statistical advisor & training service pty ltd. Acessado em 20/08/2013. Disponível em: www://mick@stats.net.au
- Payne, R. W., Murray. D. A., Harding, S. A., Baird, D. B. e Soutar, D. M. 2009. *GenStat for windows (12 ed.) Introduction*. VSN International, Hemel, Hempstead. Acessado em 18/08/2013. Disponível em: <http://www.vsni.co.uk/downloads/genstat/release12/doc/IntroGuide.pdf>
- Pereira, H., L. C. Melo, M. J. Peloso, L. C. Faria, J. G. C. Costa, J. L. C. Díaz, C. A. Rava e A. Wendland. 2009. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. *Pesquisa agropecuária brasileira*. 44(4): 374-383.
- Raza, I., M. A. Masood. 2009. Efficiency of lattice design in relation to randomized complete block design in agricultural field experiments. *J. Agric. Res.* 22(3 – 4): 150 – 153.
- Romagosa, I., P.N. Fox. 1993. Genotype X environment interaction and adaptation. Pp. 373-390. *In* M.D. Hayward, N.O. Basemark and I. Romagosa, eds. *Plant breeding: principles and prospects*. Chapman and Hall, London.
- Sharma, R.C, A.I. Morgounov, H.J. Braun, B. Akin, M. Keser, Y. Kaya, Z. Khalikulov, M.V. Ginkel, A. Yahyaoui, S. Rajaram. 2012. Yield stability analysis of winter wheat genotypes targeted to semi-arid environments in the international winter wheat improvement program. *International Journal of Plant Breeding*. 6(1):7-13.

- Swallow, W. H., and J.F. Monahan. 1984. Monte Carlo Comparison of ANOVA, MIVQUE, REML, and ML Estimators of Variance Components. *TECHNOMETRICS*. 26(1): 47 – 57.
- Vencovsky, R., P. Barriga. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. *Revista Brasileira de Genética*. 496.
- Vencovsky, R., R.A.A. Torres. 1988. Estabilidade geográfica e temporal de alguns cultivares de milho. *In Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 16., Belo Horizonte, 1988. Anais. Belo Horizonte: EMBRAPA, CNPMS.
- William H. Swallow and John F. Monahan. 1984. Monte Carlo Comparison of ANOVA, MIVQUE, REML, and ML Estimators of Variance Components. *Technometrics*. 26(1): 47-57.
- Wulff, S. S. 2007. The equality of REML and ANOVA estimators of variance components in unbalanced normal classification models. 78: 405–411.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q. and Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environments investigation based on GGE biplot. *Crop Sci*. 40: 597-605.
- Yan, W., Cornelius, P.L., Crossa, J. and Hunt, L.A. 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment data. *Crop Sci*. 40: 656-663.
- Yue, G.L., K.L. Roozeboom, W.T. Schapaugh Jr., G.H. Liang. 1997. Evaluation of soybean cultivars using parametric and nonparametric stability estimates. *Plant Breeding*. 116(3):271-275.
- Zobel, R.W., M.J. Wright, H.G. GAUCH. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. 80:388-393.

Capítulo III: Desempenho de 24 Genótipos de feijão nhemba em condições marginais e não marginais do sul de Moçambique

Resumo – Experimentos realizados com feijão nhemba, indicam a possibilidade de obtenção de genótipos de elevada produtividade na região sul de Moçambique. O presente estudo foi realizado com o objectivo de avaliar o desempenho do rendimento e componentes de rendimento de vinte e quatro genótipos de feijão nhemba quando cultivados em diferentes condições edafo-climáticas e de gestão no sul de Moçambique. O estudo consistiu na avaliação de dezanove (19) genótipos introduzidos e cinco (5) já libertados, em condições marginais (*on-farm*: Bilene e Inharrime) e não marginais (*on-station*: Nhacoongo, Ricatla e Chimondzo) na região sul de Moçambique. O delineamento experimental utilizado para os ensaios *on-farm* foi de blocos completos casualizados com quatro e seis repetições, enquanto que para os ensaios *on-station* foi o alfa-lattice arranjado em quatro linhas e seis colunas com quatro repetições. As variáveis medidas foram: rendimento do grão, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes. As componentes de variância foram determinadas usando os modelos lineares mistos através do REML (*Residual Maximum Likelihood*) e as médias comparadas usando o teste de diferença mínima significativa (DMS). A pesquisa revelou que existe grande variabilidade dos genótipos de feijão nhemba em resposta défice hídrico e ao tipo de gestão. Havendo genótipos introduzidos que são melhores, iguais e piores do que os já libertados. Os genótipos introduzidos IT00K-96, IT98K-1105-5, IT97K-284-4 e UC-CB46 são potenciais candidatos para libertação na região sul de Moçambique.

Palavras-chave: Feijão nhemba, REML, produtividade, componentes de produção

3.1 Introdução

Em Moçambique, o feijão nhemba é uma das culturas alimentares mais cultivadas. O feijão nhemba é a quarta cultura alimentar mais cultivada depois de milho, mandioca e amendoim e segunda leguminosa mais importante depois do amendoim (INE, 2010). Estatísticas do Fundo das Nações Unidas para a Agricultura (FAO) indicam que em Moçambique a cultura é produzida numa área estimada em 100,000ha resultando numa produção nacional de cerca de 35,000 toneladas (FAOSTAT, 2012). A maior parte da produção acontece nas províncias de Nampula, Inhambane, Zambézia, Gaza e Maputo (INE, 2011).

O feijão nhemba desempenha um papel importante como alimento, fonte de proteínas e renda. A cultura é produzida quase que exclusivamente pelo sector familiar em condições de sequeiro em áreas que variam entre 0,25 e 1 ha para a produção de grão, vagem verde e folhas para o consumo familiar (Heemskerk, 1985). Todavia, a cultura tem se tornado numa importante fonte de renda para as famílias quando o grão seco, as vagens verdes e as folhas são comercializadas principalmente nos mercados dos grandes centros urbanos. O feijão nhemba é a principal fonte de proteínas de origem vegetal para as populações de baixa renda que não podem suportar com os altos preços da carne e peixe ricos nesse nutriente. A cultura é também uma importante fonte de carbo-hidratos, amino-ácidos essenciais como a lisina, vitaminas e minerais (Heemskerk, 1985).

Contudo, apesar de ser uma cultura importante, os rendimentos observados nas machambas dos camponeses continuam ainda muito baixos, cerca de 350 kg.ha⁻¹, contrastando com os cerca de 435 kg.ha⁻¹ da Africa Sub-sahariana e 537 kg.ha⁻¹ da média mundial e mais de 2000 kg.ha⁻¹ dos estados Unidos (FAOSTAT, 2012). Os factores que contribuem para os baixos rendimentos incluem: a incidência de pragas, doenças e infestantes, as práticas culturais inadequadas, semente de baixa qualidade (Singh e Rachie, 1985), a baixa qualidade dos serviços de extensão, o cultivo de variedades de baixo rendimento potencial e não melhoradas (Singh e Rachie, 1985), pouca pesquisa para o melhoramento da cultura (Singh e Rachie, 1985), a baixa fertilidade dos solos principalmente nas zonas costeiras (INIA, 2003; INGC, 2009) e seca (Singh e Rachie, 1985; INIA, 2003; Chiulele, 2010).

Em reconhecimento dos vários desafios enfrentados na produção da cultura, a Universidade Eduardo Mondlane através da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal iniciou em

2008 um programa de melhoramento do feijão nhemba. O objectivo desse programa é desenvolver genótipos altamente produtivos com tolerância à seca e resistência às principais pragas e doenças que ocorrem no país. Como resultado desse trabalho, o programa dispõe presentemente de 19 genótipos com potencial para a libertação mas os mesmos só poderão ser propostos se o seu rendimento for igual ou superior aos já libertados. Foi nesse contexto que o presente estudo foi realizado para avaliar o desempenho de 19 genótipos introduzidos em comparação com 5 genótipos já libertados em diferentes condições de gestão cultural e edafo-climáticas na região sul de Moçambique. Os resultados deste estudo vão ser usados para identificação de genótipos candidatos a libertação ou para utilização no programa de melhoramento da cultura para vários objectivos. Com o presente estudo pretende-se também testar a hipótese de que pelo menos um dos novos genótipos é igual ou superior aos genótipos já libertados.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização do local de estudo

Os ensaios foram conduzidos na campanha agrícola 2012/2013 nos Postos Agronômicos de Ricatla (25°45'36.6" Sul e 032°37'54.5" Este), Nhacoongo (24°19'26.6" Sul e 035°12'52.2" Este) e nas machambas de 17 camponeses no distrito de Bilene e 24 camponeses no distrito de Inharrime. Todos os locais onde os ensaios foram conduzidos estão localizados ao longo da zona agro-ecológica dois (R2). De acordo com o ministério da agricultura e pescas (1996), esta zona, também chamada região semi-árida do litoral sul, compreende toda faixa costeira de Maputo (Marracuene e Manhiça), a província de Gaza (Bilene, Macia, Chibuto e Manjacaze) e aproximadamente toda a província de Inhambane (Zavala, Inharrime, Panda, Jangamo, Homoíne, Inhambane, Maxixe, Morrumbene, Funhalouro, Massinga, Vilanculo, Inhassouro e Gouvuro) até ao rio Save. O INE (2010) indica que, o feijão nhemba é uma das principais culturas alimentares de sequeiro, cultivada nessa região.

Em geral, esta zona é caracterizada por altitudes abaixo de 500 metros, temperatura média anual acima de 24°C, precipitação média anual inferior a 1000 milímetros e evapotranspiração superior a 1500 milímetros por ano. O período chuvoso vai de Novembro a Março na maior parte da zona com exceção da região adjacente a costa onde inicia mais cedo, em Outubro. As chuvas são irregulares criando condições para ocorrência do stress hídrico durante o ciclo da cultura, em plena época chuvosa. Os solos são variáveis com grande predominância de solos arenosos.

Segundo MAE (2005), em Ricatla, a época chuvosa inicia em Outubro e termina em Abril. A mesma fonte refere que a precipitação neste local é moderada, com um valor médio anual entre 500 mm e 1000 mm e maior concentração entre Dezembro a Fevereiro. A evaporação anual é de cerca de 1700 mm e varia entre 77.5 e 233.1 mm/mês, com a evaporação máxima a registar-se em Dezembro e a mínima em Junho.

De acordo com MAE (2005), em Inharrime, a época chuvosa inicia em Outubro e termina em Março. A precipitação média anual durante esse período é de cerca de 1500 mm, com maior incidência nos meses de Fevereiro e Março (MAE, 2005). Contudo no interior do distrito esta

varia entre 1000 e 1200 mm. A temperatura média anual situa-se entre 18 e 33°C (MAE, 2005).

Em Bilene, a época chuvosa inicia em Janeiro e termina em Abril (MAE, 2005). As chuvas são irregulares com menos de três meses de excesso de água durante a época chuvosa (MAE, 2005). A precipitação média anual varia entre 800 e 1000 mm, a evapo-transpiração é, geralmente, superior a 1500 mm e a temperatura média anual varia entre 24 e 26°C (MAE, 2005).

3.2.3 Caracterização dos genótipos usados no ensaio

O presente estudo consistiu na avaliação do desempenho de 24 genótipos de feijão nhemba, dos quais dezanove foram disponibilizados pela Univeridade de Califórnia Riverside, mas a sua origem é diversa incluindo o Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), Senegal e Universidade de Califórnia Riverside. os restantes cinco genótipos consistem de materiais originários do IITA mas que já foram libertados em Moçambique. Os nomes e a origem dos diferentes genótipos usados no ensaio são apresentados na Tabela 3.1.

Os dezanove genótipos foram seleccionados por terem apresentado altos rendimentos em ensaios anteriores conduzidos no país e por apresentarem algumas características agronómicas e de preferência do consumidor como o tamanho e cor do grão. Os genótipos libertados foram incluídos no ensaio para servirem de controlo. Os genótipos de cada local onde o estudo foi realizado não foram inclusos na pesquisa devido a dificuldades de aquisição de semente.

Tabela 3.1: Características fenotípicas, origem e nomes dos genótipos avaliados no ensaio de desempenho na região sul de Moçambique durante a época chuvosa em 2013.

Genótipo	Origem	Características fenotípicas
IT00K-96	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT69KD-901	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT84S-2049	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT84S-2246	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa rugosa, determinada
IT85F-3139	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa rugosa, determinada
IT95M-303	IITA	Semente pequena, castanha com manchas brancas, testa lisa
IT97K-284-4	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT98K-1105-5	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT98K-1111-1	IITA	Semente pequena, olho negro, erecta, determinada, precoce
INIA-152	Moçambique	Semente pequena, castanha, erecta, determinada, precoce
INIA-41	Moçambique	Semente grande, crème, prostrada
INIA-73	Moçambique	Semente grande, vermelha, erecta, determinada, precoce
IT-16	Moçambique	Semente média, castanha, erecta, determinada, precoce
IT-18	Moçambique	Semente pequena, castanho claro, semi-erecta, determinada, precoce
Apagbaala	Senegal	Semente média, branca, olho castanho, determinada, precoce
Bambey-21	Senegal	Semente média, branca, erecta e determinada
KVX-61-1	Senegal	Semente média, branca, manchas castanhas, determinada, precoce
Mougne	Senegal	Semente média, olho negro, tegumento com manchas pretas
Sessaque	Senegal	Semente média, vermelha, erecta, determinada, precoce
Sh-50	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UC-524B	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UC-CB27	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UC-CB46	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UCR-P-24	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce

Nota: Todos os genótipos são melhorados com maturação precoce à média, com exceção do INIA-41 que tem maturação média à tardia. IITA: Instituto internacional de Agricultura Tropical; UCR: Universidade de California Riverside.

3.2.4 Descrição dos ensaios e dos tratamentos

Para a realização deste estudo, foram conduzidos 3 ensaios com todos os 24 genótipos, o primeiro foi conduzido no Posto Agronómico de Ricatla na província de Maputo, o segundo na machamba do líder comunitário em Chimongo no distrito de Bilene em Gaza e o terceiro no Posto Agronómico de Nhacoongo no distrito de Inharrime em Inhambane. Para além destes ensaios, os 24 genótipos foram também avaliados nas machambas dos agricultores. Para o efeito, os 24 genótipos foram divididos em 4 grupos de 6 genótipos cada. No grupo-1 os genótipos foram: INIA-41, IT-16, IT-18, IT98K-1111-1, UC-CB27 e UCR-P-24, no grupo-2 foram: Bambey-21, INIA-73, IT85F-3139, IT95M-303, K VX-61-1 e UC-CB46, no grupo-3 foram: IT00K-96, IT69KD-901, IT84S-2049, IT97K-284-4, Sh-50 e UC-524B, e no grupo-4 foram: Apagbaala, INIA-152, IT84S-2246, IT98K-1105-5, Mougne e Sessaque. Cada grupo de 6 genótipos foi avaliado por 4 camponeses em Bilene e 6 camponeses em Inharrime, correspondendo a 4 e 6 repetições desses genótipos em Bilene e Inharrime, respectivamente. Dessa feita, o número de camponeses que conduziram ensaios incompletos de 6 genótipos em Bilene foi de 16 enquanto em Inharrime foi de 24.

Cada genótipo foi semeado numa parcela de quatro linhas de 5 metros cada. A sementeira foi feita com duas sementes por covacho usando o compasso de 0.60×0.25 m. Nos ensaios completos de 24 genótipos, efectuou-se o desbaste aos sete dias depois da emergência deixando a planta mais vigorosa. Além desta operação, fez-se aplicação de $174 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do fertilizante NPK 12-24-12 e o controlo preventivo de pragas usando cipermetrina na dose de 0.7 l/ha para o controlo de besouro da folha e dimetoato na dose de 0.8 l/ha , para as pragas de afídios e tripses do botão floral. O campo foi mantido livre de infestantes através da sacha manual. Estes ensaios foram conduzidos de acordo com as normas técnicas para produção de feijão nhemba em condições de sequeiro em Moçambique (Bias *et al.*, 2010). Enquanto que os ensaios incompletos de 6 genótipos, foram conduzidos de acordo com as práticas correntes de cada camponês.

As variáveis medidas foram: o rendimento do grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de semente por vagem (NSV) e peso de cem sementes (P100S). Estas variáveis foram medidas com o grão a 13% de humidade. A medição das diferentes variáveis foi feita da seguinte forma:

Rendimento do grão (RG): cada parcela do ensaio foi colhida na totalidade e o rendimento de grão em gramas, medido. O peso de cada parcela foi posteriormente convertido para kg.ha^{-1} .

Número de vagens por planta (NVP): o número de vagens por planta foi obtido a partir de seis plantas selecionadas nas duas linhas centrais. A seleção consistiu na leitura, nas linhas, da 2^a, 7^a, 12^a plantas de uma linha selecionadas da esquerda para direita e 2^a, 7^a, 12^a plantas de outra linha selecionadas da direita para esquerda (anexo 5). Nessas plantas foram contadas todas as vagens e o número total de vagens foi dividido pelo número total de plantas da amostra.

Número de sementes por vagem (NSV): o número de sementes por vagem foi obtido a partir de três vagens selecionadas aleatoriamente das plantas selecionadas para colheita de número de vagens por plantas. As três vagens foram selecionadas da seguinte maneira: uma na base, uma no centro e uma no topo da planta. Essas vagens foram abertas e as sementes, contadas e posteriormente o número de sementes por vagem obtido dividindo o número total de sementes pelo número de vagens colhidas.

Peso de 100 sementes (P100S): após a debulha em cada parcela, os grãos foram colocados num saco devidamente etiquetado com referência da variedade em causa. De cada saco, foram colhidas cinco amostras de cem sementes, sem reposição, e estas foram pesadas. Os pesos foram somados e divididos por cinco para obtenção de uma média de peso de cem sementes.

3.2.5 Análise estatística

As análises feitas foram: análise das componentes de variância, o teste de comparação de médias e a análise de correlação. As componentes de variância do rendimento do grão (RG) e suas componentes (NVP, NSV, P100S), foram analisadas usando o REML (*Residual Maximum Likelihood*). Enquanto que a comparação de médias foi feita usando o teste de diferença mínima significativa (DMS). A análise de correlação foi feita usando a correlação de Pearson. Os pressupostos para análise REML foram avaliados usando os testes de Bartlett para homogeneidade das variâncias e de Shapiro-Wilk para a normalidade da distribuição dos erros (anexos 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13). Após a observação dos pressupostos foram feitas análises individualizadas (equações 3.1 e 3.2) seguidas de análise combinada (equação 3.3) dos ensaios. Na análise individual dos ensaios completos de 24 genótipos, as replicações, linhas e colunas e suas interações foram consideradas variáveis aleatórias, enquanto os genótipos foram considerados fixos. O modelo usado para análise foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + R_j + rL + rC + rLC + \varepsilon_{ij} \quad (3.1)$$

Onde:

Y_{ijk} – rendimento médio da genótipo i , com ($i = 1, 2, \dots, 24$), na repetição j , com ($j = 1, 2, \dots, 4$);

G_i – efeito principal do genótipo i , com ($i = 1, 2, \dots, 24$); R_j – efeito da repetição j , com ($j = 1, 2, \dots, 4$);

rL – efeito da interação entre a repetição e linha,

rC – efeito da interação entre a repetição e coluna;

rLC – efeito da interação entre a repetição, linha e coluna;

ε_{ijk} - efeito do erro associado a variedade i na repetição j .

Na análise individualizada dos ensaios incompletos de 6 genótipos (*on-farm*), foi usado o DBCC onde os produtores que receberam o mesmo grupo de genótipos foram considerados como blocos e os genótipos foram considerados fixos. O modelo para análise foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + P_j + \varepsilon_{ij} \quad (3.2)$$

Onde:

Y_{ij} – rendimento médio do genótipo i , com ($i = 1, 2, \dots, 6$), no produtor j , com ($j = 1, 2, \dots, 3$);

G_i – efeito principal do genótipo i com ($i = 1, 2, \dots, 6$);

P_j – efeito principal do produtor j com ($j = 1, 2, \dots, 3$);

ε_{ij} – efeito do erro associado a variedade i no produtor j .

Na análise combinada, os genótipos, experimentos e suas interações foram considerados fixos sendo o modelo para análise REML o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + Exp_j + (GxExp)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3.3)$$

Onde:

Y_{ij} – rendimento médio do genótipo i , com ($i = 1, 2, \dots, 24$), no experimento j , com ($j = 1, 2, \dots, 5$);

V_i – efeito principal do genótipo i com ($i = 1, 2, \dots, 24$);

Exp_j – efeito principal do experimento j com ($j = 1, 2, \dots, 5$);

$(VxExp)_{ij}$ – efeito da interação do genótipo i com o experimento j ;

ε_{ij} – efeito do erro associado ao genótipo i no experimento j .

3.3 Resultados

3.3.1 Condições edafo-climáticas durante o ensaio

Durante a condução do ensaio, em Nhacoongo, entre Fevereiro e Maio, a Precipitação total registada foi 527.7 mm e variou entre 74.8 mm em Maio e 154.7 mm em Abril. A evaporação total foi de 328.4 mm e variou entre 70.1 e 94.6 mm. A evaporação mais elevada foi registada no mês de Fevereiro enquanto que a mais baixa, em Abril. A temperatura variou entre 27 e 30°C de máxima e 13 e 20°C de mínima. A temperatura máxima mais elevada foi registada nos meses de Fevereiro e Março e a mínima mais baixa no mês de Maio. A temperatura média foi de 23°C e variou entre 20 em Maio e 25 em Fevereiro.

Por outro lado, em Chimondzo, o ensaio decorreu entre Janeiro e Abril. Nesse período, a precipitação total registada foi de 341.6 mm e variou entre 58.5 mm em Fevereiro e 108 mm em Março. A evaporação total registada foi de 522 mm e variou entre 97.5 e 124.8 mm. A evaporação mais elevada foi registada em Abril enquanto a mais baixa, em Janeiro. A temperatura variou entre 30 e 33°C de máxima e 17 e 22°C de mínima. A temperatura máxima mais elevada foi registada em Fevereiro e a mínima mais baixa em Abril. A temperatura média foi de 26°C e variou entre 23°C em Abril e 27°C em Fevereiro.

Em Ricatla, o ensaio decorreu entre Fevereiro e Maio. A precipitação total registada nesse período foi de 63.6 mm e variou entre 0.0 mm em Maio e 30.2 mm em Fevereiro. A evaporação total registada foi de 494.3 mm e variou entre 101.1 mm em Maio e 132.1 mm em Fevereiro. De uma forma geral, em Bilene os ensaios tiveram lugar entre Janeiro e Abril, a precipitação total registada durante esse período foi de 495 mm e variou entre 75.5 mm em Abril e 288.4 mm em Janeiro. A evaporação total registada foi de 526 mm e variou entre 117.7 e 163.8 mm. A evaporação mais elevada foi registada em Janeiro enquanto a mais baixa, em Março. A temperatura variou entre 27.8 e 30.2°C de máxima e 18 e 23°C de mínima. A temperatura máxima mais elevada foi registada em Fevereiro e a mínima mais baixa em Abril. A temperatura média foi de 25°C e variou entre 23°C em Abril e 27°C em Fevereiro.

Os solos foram variáveis. Apresentaram uma textura arenosa nos ensaios de Bilene e Ricatla e franco arenosa nos de Inharrime (anexo 3).

3.3.2 Resultados das componentes de variância geradas pela análise individual dos ensaios completos de 24 genótipos

As componentes de variância do rendimento e componentes de rendimento de 24 genótipos provenientes da análise individual são apresentados nas Tabela 3.2, 3.3 e 3.4. Dessas tabelas pode se ver que houve efeitos significativos do genótipos nas variáveis rendimento, número de vagens por plantas, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes nos três locais (Nhacoongo, Ricatla e Chimondzo).

Tabela 3.2: Componentes de variância do rendimento e suas componentes do ensaio de Nhacoongo

Factor Fixo	GL	Probabilidade de F			
		Rendimento	NVP	NSV	P100S
Genótipo	23	<0.001	<0.001	0.002	<0.001
Factores aleatórios		componente	componente	componente	componente
Repetição		106686	6.491	1.113	-0.029
Repetição×linha		-4147	0.583	-0.489	0.051
Repetição×coluna		82593	0.407	-0.817	0.078
Repetição×linha×coluna		-13203	-0.789	1.48	-0.655
Deviance(GLerro)		955.94 (67)	242.42 (68)	222.33 (67)	174.53 (67)

Tabela 3.3: Componentes de variância do rendimento e suas componentes do ensaio de Ricatla

Factor Fixo	GL	Probabilidade de F			
		RG	NVP	NSV	P100S
Genótipo	23	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Factores aleatórios		Componente	componente	componente	componente
Repetição		4468	0.095	0.09	0.445
Repetição×linha		-58	-0.02	0.062	-0.159
Repetição×coluna		13039	-0.15	0.027	-0.367
Repetição×linha×coluna		-911	0.63	-0.23	-0.038
Deviance(GLerro)		854.52 (67)	199.19 (67)	137.57 (67)	207.85 (67)

Nota: F- probabilidade associada ao teste de Fisher; GL- graus de liberdade para os efeitos fixos; GLerro-graus de liberdade do erro

Tabela 3.4: Componentes de variância do rendimento e suas componentes do ensaio de Chimondzo

Factor fixo	Probabilidade de F				
	GL	RG	NVP	NSV	P100S
Genótipo	23	0.013	<0.001	<0.001	<0.001
Factor aleatório		componente	componente	componente	componente
Repetição		26428	1.479	0.288	-0.016
Repetição × linha		5472	2.279	0.16	0.553
Repetição × coluna		-7012	1.348	0.047	-0.68
Repetição × linha × coluna		22818	1.816	0.996	0.837
Deviance (GLerro)		939.79(68)	279.15(68)	218.63(68)	193.31(68)

Nota: F- probabilidade associada ao teste de Fisher; GL- graus de liberdade para os efeitos fixo

3.3.3 Rendimento do grão

Os resultados do rendimento e componentes de rendimento dos ensaios de Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla são apresentados na Tabela 3.8.

Em Nhacoongo, a média do rendimento do grão do local foi de 1488 kg.ha⁻¹ e variou entre 641 e 2314 kg.ha⁻¹. Os genótipos introduzidos IT00K-96, IT69KD-901, UC-CB46, IT97K-284-4, IT98K-1105-5 conjuntamente com os libertados IT-18, INIA-73, IT-16, INIA-41 e INIA-152 tiveram os rendimentos mais elevados que se situam acima de 1700 kg.ha⁻¹, enquanto que Bambey-21, IT95M-303, Sh-50 e UCR-P-24 tiveram rendimentos mais baixos que se situam abaixo 1000 kg.ha⁻¹. Os cinco genótipos introduzidos mais produtivos não foram significativamente diferentes dos genótipos libertados.

Em Chimondzo, a média do rendimento do grão do local foi de 916 kg.ha⁻¹ e variou entre 496 kg.ha⁻¹ e 1420 kg.ha⁻¹. Os genótipos introduzidos IT97K-284-4, Sessaque, IT84S-2049, IT00K-96, UC-CB46, IT98K-1111-1 e Mougne conjuntamente com os genótipos libertados IT-18, e INIA-41 foram as mais produtivos com rendimentos que se situam acima de 1000 kg.ha⁻¹. Os genótipos menos produtivos foram IT84S-2246, Apagbaala, Bambey-21, K VX-61-1, Sh-50 e IT69KD-901 com menos de 700 kg.ha⁻¹. Os seis genótipos introduzidos mais produtivos não foram significativamente diferentes aos dois genótipos libertados mais produtivos (INIA-41 e IT-18).

Em Ricatla, a média do rendimento do grão do local foi de 458 e variou entre 8 e 876 kg.ha⁻¹. Os genótipos introduzidos IT00K-96, IT69KD-901, Sessaque, Mougne conjuntamente com os libertados IT-18, INIA-41 e INIA-152, tiveram rendimentos mais elevados que se situaram acima de 600 kg.ha⁻¹ enquanto os genótipos Bambey-21, UC-CB46, K VX-61-1, UC-CB27 e Sh-50, UC-524B e UCR-P-24 tiveram os rendimentos mais baixos que se situaram abaixo de 300 kg.ha⁻¹. O rendimento dos genótipos introduzidos mais produtivos não foi significativamente diferente ao dos genótipos libertados (IT-18, INIA-41 e INIA-152).

3.3.4 Número de vagens por planta de 24 genótipos de feijões nhemba avaliados em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla

Em Nhacoongo, o número médio de vagens por planta foi de 16 vagens por planta e variou entre 12 e 24. O genótipo libertado INIA-41 teve maior número de vagens e produziu acima de 20 vagens por planta seguido dos genótipos libertados IT97K-284-4, IT98K-1105-5, IT00K-96 e IT69KD-901 enquanto os genótipos UC-524B, UC-CB46, IT85F-3139, IT95M-303, Apagbaala, IT98K-1111-1, K VX-61-1, IT84S-2246, INIA-152 e IT-18 tiveram o menor número de vagens e produziram abaixo de 16 vagens por planta.

Em Chimondzo, a média do número de vagens por planta do local foi de 11 vagens por planta e variou entre 7 e 17 vagens por planta. Os genótipos introduzidos IT97K-284-4, IT84S-2049, UC-CB46, IT95M-303, Sessaque e Mougne e as libertadas IT-18 e INIA-152 tiveram maior número de vagens com mais de 12 vagens por planta, enquanto que os restantes genótipos tiveram o menor número de vagens por planta e produziram menos de 12 vagens por planta.

Em Ricatla, a média do número de vagens por planta foi de 16 vagens por planta e variou entre 13 e 25 vagens por planta. O genótipo libertado INIA-41 destacou-se com maior número de vagens e produziu acima de 20 vagens por planta seguido dos genótipos introduzidos UC-CB27, IT98K-1105-5, Sessaque, Mougne, IT84S-2049 com 17 vagens por planta, enquanto os restantes genótipos foram menos produtivos e produziram menos de 16 vagens por planta.

3.3.5 Número de sementes por vagem de 24 genótipos avaliados em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla

Em Nhacoongo, o número médio de sementes por vagem foi de 12 e variou entre 8 e 17 sementes por vagens. Os genótipos libertados IT69KD-901, IT00K-96, IT98K-1105-5 conjuntamente com os libertados INIA-41, INIA-152, INIA-73 e IT-18 tiveram maior número de sementes por vagem com mais de 13 sementes por vagem, enquanto os restantes genótipos tiveram menor número de sementes por vagem e produziram abaixo de 13 sementes por vagem.

Em Chimondzo, a média do número de sementes por vagem foi de 11 e variou entre 7 e 16. Os genótipos introduzidos IT98K-1105-5, teve o maior número de sementes por vagem tendo se situado acima de 13 sementes por vagem, enquanto os restantes tiveram abaixo de 13 sementes por vagem. O genótipo libertado mais produtivo não foi significativamente diferente dos genótipos libertados IT-16 e IT-18.

Em Ricatla, a média do número de sementes por vagem foi de 11 e variou entre 7 e 15. O genótipos introduzidos IT98K-1105-5, Sessaque, IT00K-96 conjuntamente com os genótipos libertados IT-16, IT-18, INIA-73 e INIA-152 tiveram o maior número de sementes por vagem tendo se situado acima de 12 sementes por vagem, enquanto que os restantes genótipos foram menos produtivos e tiveram menos que 10 sementes por vagem.

3.3.6 Peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla

Em Nhacoongo, a média do peso de 100 sementes foi de 19g e variou entre 13 e 26g. Os genótipos introduzidos UC-CB46, IT36KD-901, Sessaque, UC-CB27, IT00K-96 conjuntamente com os genótipos libertados IT-16 e INIA-41 apresentaram maior peso de 100 sementes, tendo se situado acima de 20 g, enquanto os restantes genótipos foram menos produtivos tendo se situado abaixo de 21 g.

Em Chimondzo, a média do peso de 100 sementes foi de 18 g e variou entre 13 e 26 g. O genótipos introduzido UC-CB46, Sh-50, UC-CB27 tiveram maior peso de 100 sementes tendo se situado acima de 20 g. Estes genótipos não foram significativamente diferente do

genótipo libertado INIA-41, enquanto os genótipos libertados Bambey-21, Mougne, Apagbaala, IT98K-1105-5, K VX-61-1 conjuntamente com os genótipos libertados INIA-73, IT-16, IT-18 E INIA-152 tiveram menor peso de 100 sementes, tendo se situado abaixo de 16 g.

Em Ricatla, a média do peso de 100 sementes foi de 18 e variou entre 11 e 25 g. O genótipo libertado INIA-41 teve maior peso de 100 sementes, tendo pesado mais de 23 g. O genótipo introduzido UC-CB46 conjuntamente com o genótipo libertado INIA-41 tiveram o peso de 100 sementes mais elevado tendo se situado acima de 20 g, enquanto os genótipos IT00K-96, IT95M-303 conjuntamente com INIA-73 e INIA-152 tiveram peso de 100 sementes mais baixos tendo se situado abaixo de 14 g.

Tabela 3.8: Rendimento do grão (kg/ha), número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes (g) de 24 genótipos medidos em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla entre Janeiro e Maio de 2013

Genótipo	Rendimento			NVP			NSV			P100S		
	Nhacoongo	Chimondzo	Ricatla	Nhacoongo	Chimondzo	Ricatla	Nhacoongo	Chimondzo	Ricatla	Nhacoongo	Chimondzo	Ricatla
Apagbaala	1622	673	401	13	11	14	12	8	8	15	16	16
Bambey-21	641	651	293	17	10	16	9	10	9	20	16	18
INIA-152	1806	938	876	15	16	16	15	12	13	23	14	11
INIA-41	1804	1013	609	24	7	25	17	12	12	21	26	25
INIA-73	1928	861	556	19	12	17	14	13	15	20	16	13
IT00K-96	2314	924	723	18	11	16	14	11	13	21	19	12
IT-16	1861	828	452	17	9	15	13	13	14	22	15	19
IT-18	2059	1025	674	14	15	17	15	14	15	18	14	15
IT69KD-901	1935	496	750	18	7	17	16	12	12	25	17	16
IT84S-2049	1629	1276	518	16	15	17	11	12	11	18	17	17
IT84S-2246	1223	698	498	12	8	15	11	12	11	17	19	21
IT85F-3139	1021	894	523	13	8	15	12	13	10	19	20	22
IT95M-303	798	982	440	13	13	15	9	11	11	17	17	12
IT97K-284-4	1881	1420	518	19	17	15	12	12	10	15	17	18
IT98K-1105-5	1796	936	552	19	10	17	14	16	15	18	14	14
IT98K-1111-1	1275	1006	322	12	10	14	8	12	10	20	20	19
KVX-61-1	1661	646	226	12	11	13	10	11	8	18	13	17
Mougne	1260	1066	654	17	13	17	12	11	10	17	16	17
Sessaque	1311	1284	723	17	13	17	11	13	13	22	18	19
Sh-50	821	635	141	16	9	14	10	8	7	19	23	21
UC-524B	1039	766	100	15	11	15	8	7	7	19	21	22
UC-CB27	1162	934	170	16	12	17	10	9	8	21	23	21
UC-CB46	1909	1270	263	15	14	15	9	10	8	26	25	23
UCR-P-24	964	753	8	17	9	15	9	10	7	15	22	21
MÉDIA	1488	916	458	16	11	16	12	11	11	19	18	18
DMS (0.05)	546	497	281	4	5	3	4	3	2	5	3	2
CV (%)	23	16	36	12	18	19	16	16	18	9	9	9

3.3.7 Correlação entre o rendimento do grão de 24 variedades e suas componentes

A análise de correlação entre o rendimento do grão e suas componentes é apresentada nas Tabelas 3.5 e 3.6. Em Nhacoongo, houve uma correlação positiva e significativa entre o rendimento do grão e o número de sementes por vagem (Tabela 3.5), em Chimondzo e Ricatla, houve correlação positiva e significativa entre o rendimento do grão com o número de vagens por planta e número de sementes por vagem (Tabelas 3.6 e 3.7).

Tabela 3. 5: Correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Nhacoongo

	Rendimento de grão	Número de vagens por planta	Número de sementes por vagem	Peso de 100 sementes
Rendimento médio	1			
Número de vagens por planta	0.313	1		
Número de sementes por vagem	0.682**	0.494*	1	
Peso de 100 sementes	-0.222	0.125	-0.402	1

Tabela 3.7: Correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Chimondzo

	Rendimento do grão	Número de vagens por planta	Número de sementes por vagem	Peso de 100 sementes
Rendimento do grão	1	.		
Número de vagens por planta	0.767**	1		
Número de sementes por vagem	0.483**	0.099	1	
Peso de 100 sementes	-0.019	-0.329**	-0.309**	1

Nota: *coeficiente de correlação de Pearson significativo a 5% de probabilidade; **coeficiente de correlação de Pearson significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 3. 6: Correlação entre rendimento médio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes de 24 genótipos avaliados em Ricatla

	Rendimento de grão	Número de vagens por planta	Número de sementes por vagem	Peso de 100 sementes
Rendimento médio	1			
Número de vagens por planta	0.452*	1		
Número de sementes por vagem	0.728**	-0.027	1	
Peso de 100 sementes	-0.368	-0.329	-0.525**	1

3.3.8 Resultados das componentes de variância na análise individual dos ensaios incompletos de seis genótipos

As componentes de variância do rendimento e suas componentes usando REML dos ensaios incompletos (6 genótipos) são apresentadas nas tabelas 3.9 e 3.10. Em Bilene, não houve efeito significativo do factor genótipo no rendimento de grão em todos os grupos de genótipos. Os genótipos do grupo 1 e 4 foram significativamente diferentes em relação ao número de sementes por vagem. Igualmente houve efeitos significativos do factor genótipo no peso de 100 sementes dos genótipos do grupo 1. Em Inharrime, houve efeitos significativos do factor genótipo no rendimento de grão dos genótipos dos grupos 2, 3 e 4. Houve igualmente, efeitos significativos do factor genótipo no número de sementes por vagem e peso de 100 sementes dos genótipos em todos os quatro grupos. Para a variável número de vagens por planta, o factor genótipo foi significativo para os genótipos dos grupos 3 e 4.

Tabela 3.9: Resumo dos resultados da análise das componentes de variância do rendimento do grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de cem sementes (P100S) de 24 genótipos de feijão nhemba avaliados nas condições *on-farm* em Bilene

Factor fixo	GL	Probabilidade F			
		RG	NVP	NSV	P100S
Grupo-1	5	0.457	0.504	0.012	<0.001
Grupo-2	5	0.163	0.092	0.108	0.25
Grupo-3	5	0.277	0.152	0.031	0.101
Grupo-4	5	0.739	0.527	0.04	0.061

Nota: GL-graus de liberdade associados aos factores fixos

Tabela 3.10: Resumo dos resultados da análise das componentes de variância do rendimento do grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de 100 sementes (P100S) de 24 genótipos de feijão nhemba avaliados nas condições *on-farm* em Inharrime

Factor fixo	GL	Probabilidade F			
		RG	NVP	NSV	P100S
Grupo-1	5	0.132	0.072	0.006	<0.001
Grupo-2	5	<0.001	0.828	0.002	<0.001
Grupo-3	5	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Grupo-4	5	0.012	0.027	<0.001	<0.001

Nota: GL-graus de liberdade associados aos factores fixos

3.4.9 Resultados dos testes de comparação de médias do rendimento do grão de 24 variedades avaliadas nas condições *on-farm*

Em Inharrime, houve efeito significativo do genótipo sobre o rendimento nos grupos 2, 3 e 4. As médias do rendimento de grão dos genótipos nos diferentes grupos de ensaios *on-farm* de Inharrime são apresentadas na Tabela 3.11. O rendimento médio dos genótipos dos grupos 1, 2, 3 e 4 foram 443, 396, 577 e 621 Kg.ha⁻¹, respectivamente. No grupo 1, o rendimento dos seis genótipos não foi significativamente diferente; no grupo 2, o genótipo INIA-73 teve o maior rendimento em relação a todos outros genótipos do grupo que e a sua produtividade situou-se nos 792 Kg.ha⁻¹; no grupo 3, os genótipos introduzidos IT00K-96, IT69KD-901 e IT97K-284-4 destacaram-se com mais de 550 Kg.ha⁻¹ e no grupo 4, os genótipos introduzidos IT98K-1105-5, Mougne, Sessaque, IT84S-2246 conjuntamente com o genótipo libertado INIA-152 destacaram-se com os rendimentos mais altos a situarem-se acima de 500 Kg.ha⁻¹

contrariamente o genótipo Apagbaala que teve um rendimento baixo que se situou abaixo dos 300 Kg.ha⁻¹.

Tabela 3.11: Rendimento (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de 100 sementes (P100S) de 24 genótipos avaliados em grupo em Inharrime

Grupo	Genótipos	P100S			
		RG (kg.ha ⁻¹)	NVP	NSV	(g)
Grupo-1	IT-18	608	9	11	12
	IT-16	501	9	11	14
	UC-CB27	449	8	7	18
	UCR-P-24	398	8	8	20
	INIA-41	368	5	9	22
	IT98K-1111-1	332	10	8	17
	Média	443	8	9	17
	DMS (0.05)	ns	ns	3	3
CV (%)	37	29	21	12	
Grupo-2	INIA-73	792	8	13	14
	UC-CB46	470	8	9	19
	IT85F-3139	341	8	9	17
	BAMBEY-21	315	7	8	16
	KVX-61-1	288	6	9	15
	IT95M-303	171	7	10	14
	Média	396	7	10	16
	DMS (0.05)	261	ns	2	2
CV (%)	43	28	16	8	
Grupo-3	IT97K-284-4	769	14	11	15
	IT00K-96	748	9	12	17
	IT69KD-901	635	7	12	15
	UC-524B	511	9	6	21
	IT84S-2049	499	13	9	15
	SH-50	302	10	7	21
	Média	577	10	9	17
	DMS (0.05)	217	3	2	3
CV (%)	25	20	12	11	
Grupo-4	IT98K-1105-5	815	9	15	12
	INIA-152	767	12	12	12
	MOUGNE	703	8	10	17
	SESSAQUE	592	8	11	16
	IT84S-2246	564	10	9	17
	APAGBAALA	283	12	9	15
	Média	621	10	11	15
	DMS (0.05)	328	4	2	3
CV (%)	35	24	14	11	

Nota: DMS- diferença mínima significativa, CV- coeficiente de variação expresso em percentagem

3.4.10 Número de vagens por planta

O número de vagens por planta não foi afectado pelo factor genótipo em Bilene. Em Inharrime, este foi afectado apenas para os genótipos dos grupos 3 e 4 (Tabela 3.11). O número médio de vagens por planta nos grupos 1, 2, 3 e 4 em Inharrime foi 8, 7, 10 e 10, respectivamente. Os genótipos com maior número de vagens no grupo 3 foram IT98K-284-4 e IT84S-2049 com mais de 11 vagens por planta e no grupo-4 foi IT98K-1105-5, IT84S-2246, Apagbaala e INIA-152 com mais de oito vagens por planta.

3.4.11 Número de sementes por vagem

Em Bilene os genótipos mais produtivos, no grupo-1, foram IT-16 e IT-18 com mais de 8 sementes por vagem. Em Inharrime os genótipos mais produtivos, no grupo-1, foram IT-16, IT-18 e INIA-41 com mais de 8 sementes por vagem, enquanto que, no grupo-2 foi INIA-73 com 13 sementes por vagem, no grupo-3 foram IT00K-96, IT69KD-901 e IT97K-284-4 com mais de 10 sementes por vagem e no grupo-4 foi IT98K-1105-5 com 15 sementes por vagem.

3.4.12 Peso de 100 sementes

Em Bilene, apenas o genótipo INIA-41, no grupo-1, teve peso médio de 100 sementes de 26 g, enquanto que os genótipos IT98K-1111-1, UC-CB27, UCR-P-24, IT-16 e IT-18 tiveram peso de 100 sementes inferior a 23 g. Em Inharrime, os genótipos mais produtivos, no grupo-1, foram UCR-P-24 e INIA-41 com mais de 19g, no grupo-2 foi UC-CB46 com 19g, no grupo-3 foram IT00K-96, Sh-50 e UC-524B com mais de 17g e no grupo-4 foram IT84S-2246, Mougne, Sessaque, Apagbaala com mais de 14g.

3.4.13 Resultados das componentes de variância na análise combinada dos ensaios *on-station* e *on-farm*

Houve efeito significativo da interacção entre o tipo de gestão adoptado e o genótipo cultivado ($p < 0.001$). Igualmente houve efeito significativo dos factores gestão e genótipo isoladamente ($p < 0.001$) (Tabela 3.12).

Tabela 3.12: Análise das componentes de variância para análise combinada do rendimento dos genótipos em função do tipo de gestão

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.	Wald/G.L.	chi pr
Genótipo	648.15	23	28.18	<0.001
Gestão	395.15	1	395.15	<0.001
Genótipo x Gestão	111.2	23	4.83	<0.001

Experimento	Factor	Estimativa	s.e.
1	Residual	102844	16380
2	Residual	54899	7627
3	Residual	1722	0
4	Residual	211192	37259
5	Residual	149388	31606

Nota: s.e.- erro padrão, ch pr – probabilidade associada a distribuição Qui- quadrado para o teste de Wald

Os resultados da análise combinada do tipo de gestão e o genótipo utilizado são apresentados na figura 3.1.

Houve diferenças no comportamento dos cinco genótipos introduzidos (IT98K-1105-5, IT97K-284-4, IT69KD-901, IT00K-96 e UC-CB46) que se destacaram nas análises individualizadas e igual número de genótipos libertados (INIA-152, INIA-73, INIA-41, IT-16 e IT-18) quanto ao rendimento do grão.

Na gestão do investigador, os genótipos introduzidos UC-CB46, IT97K-284-4 tiveram rendimentos acima da média do investigador, enquanto que os rendimentos dos genótipos introduzido IT98K-1105-5 e IT00K-96 conjuntamente com os genótipos libertados INIA-152, INIA-73, INIA-41 e IT-18 não foram significativamente diferentes entre si e da média da gestão do investigador. Diferentemente destes, o genótipo introduzido IT69KD-901 e o

libertado IT-16 que não foram significativamente diferentes entre si, produziram rendimentos abaixo da média do investigador.

Na gestão do camponês, os genótipos introduzidos IT98K-1105-5, IT97K-284-4 e IT00K-96, conjuntamente com os libertados INIA-152 e INIA-73 que não foram significativamente diferentes entre si, diferiram da média da gestão do camponês tendo produzido rendimentos superiores a média do camponês. Os genótipos introduzidos IT69KD-901 e UC-CB46 conjuntamente com os libertados IT-16 e IT-18 não foram significativamente diferentes entre si, contudo produziram rendimentos equivalentes a média do camponês. O genótipo libertado INIA-41 produziu rendimento abaixo da média dos camponeses.

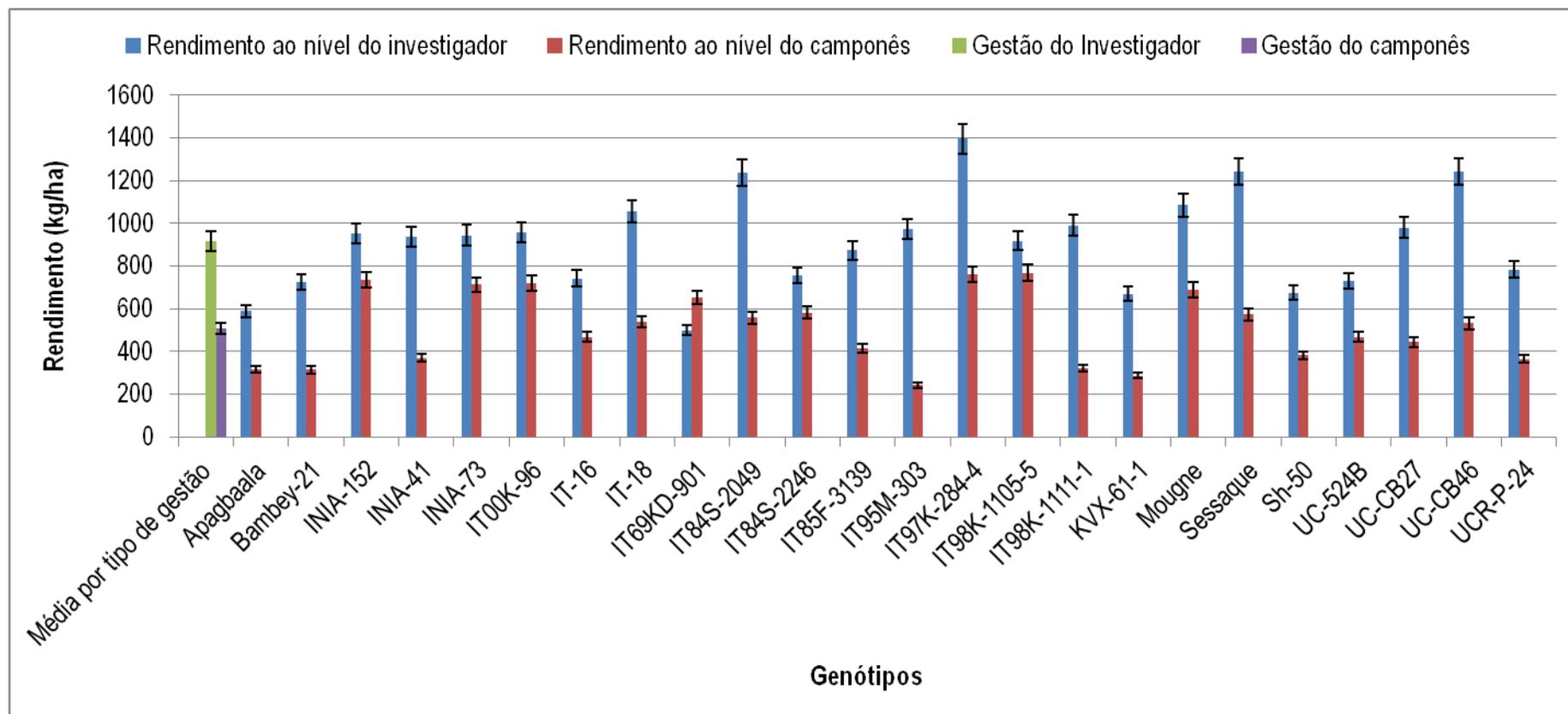


Figura 3.1: Rendimento dos 24 genótipos na gestão *on-station*, *on-farm* e médias da gestão *on-station* e *on-farm*. Nota: RMS- média do rendimento na gestão *on-station*; RMF- média do rendimento na gestão *on-farm*

3.8 Discussão

A análise individual mostra que o rendimento do feijão nhemba cultivado nas condições de gestão do investigador (*on-station*) é variável. O rendimento foi de 1488 kg.ha⁻¹ em Nhacoongo, 916 kg.ha⁻¹ em Chimondzo e 485 kg.ha⁻¹ em Ricatla, 458 kg.ha⁻¹. No geral, durante a condução dos experimentos a temperatura variou entre 13 e 33°C. O feijão nhemba desenvolve-se na faixa de temperatura entre 18 e 34°C (Ponte, 1979 citado por Oliveira e Carvalho, 1988), no entanto Araújo *et al.* (1984) citado por Oliveira e Carvalho (1988), referem que a faixa mais adequada situa-se entre 20 e 30°C. Temperaturas baixas dentro dessa faixa prolongam o ciclo da cultura e abaixo de 20°C paralisam o seu desenvolvimento (Araújo *et al.*, 1984 citado por Oliveira e Carvalho, 1988). No presente estudo, a temperatura mais baixa (13°C) registou-se em Nhacoongo. A ocorrência dessa temperatura não afectou o rendimento da cultura dado que registou-se no período de maturação fisiológica (Maio).

Os solos apresentaram textura arenosa à franco-arenosa. Em Bilene os solos apresentaram textura arenosa (Anexo 3). Chimondzo, com solos de textura arenosa, teve melhor desempenho (916 kg.ha⁻¹) comparativamente a Ricatla que teve 458 kg.ha⁻¹ (Tabela 3.8) com o mesmo tipo de solo. Ao nível dos camponeses, em Inharrime os solos tiveram textura franco-arenosa, nesse local, registou-se um rendimento equivalente a Bilene onde os solos apresentaram textura arenosa (509 kg.ha⁻¹) (Tabela 3.11, Anexos 3 e 24). Estas constatações indicam de que existem outros factores com maior influência sobre o rendimento do feijão nhemba diferentemente dos solos da região e da temperatura.

Por outro lado, a variação no rendimento acompanhou a deficiência hídrica registada durante o período de cultivo. Em Nhacoongo, o défice entre a precipitação e a evaporação foi apenas de 2.4 mm e foi registado na maturação fisiológica e por isso não teve efeito negativo sobre o rendimento do grão e suas componentes. Em Nhacoongo, o rendimento registado foi de 1488 kg.ha⁻¹, o NVP foi de 16, o NSV, de 12 e P100S, 19 g. Em Chimondzo, com excepção do mês de Janeiro, houve défice hídrico nos meses subsequentes. O défice total registado durante o período de cultivo foi de 180 mm e o rendimento registado foi de 916 kg.ha⁻¹, o NVP foi de 11, o NSV, de 11 e P100S, 18 g. Em Ricatla, a cultura ficou submetida ao défice hídrico durante todo o ciclo. O défice total durante o ciclo foi de 431 mm e o rendimento foi 485 kg.ha⁻¹, o NVP foi de 16, o NSV, de 11 e P100S 18 g. Estes resultados sugerem que, na

zona sul do país, o rendimento do feijão nhemba é fortemente determinado não só pela quantidade de precipitação registada durante o período de cultivo mas também pela evaporação. A redução do rendimento do grão e das componentes de rendimento registada em Chimondzo e Ricatla devem-se provavelmente a reduzida fotossíntese causada pelo fechamento dos estomas como resposta do défice hídrico bem como pelo reduzido transporte e partição dos foto-assimilados produzidos. Estes resultados são suportados por vários autores (Turk *et al.*, 1980; Ahmed e Suliman, 2010; Silva e Neves, 2011). Estes autores atribuíram a redução do rendimento no feijão nhemba à redução do NVP, NSV e P100S quando a cultura é cultivada em situações de baixa disponibilidade hídrica, como foi o caso de Chimondzo e Ricatla. De forma similar Turk e Hall (1980b), atribuíram a redução do rendimento a diminuição da capacidade fotossintética como resultado da estratégia adoptada pela cultura para evitar o stress hídrico. Hamidou *et al.* (2007), demonstraram que o fechamento de estomas é a estratégia comum utilizada por feijão nhemba para evitar a desidratação dos tecidos. Ravindra *et al.* (1990), associaram a redução do rendimento à baixa eficiência de frutificação e de aproveitamento do período de enchimento da vagem.

Segundo Cardoso *et al.* (2005) citado por Silva e Neves (2011), o rendimento do feijão nhemba depende do NVP, NSV e o P100S. No presente estudo, houve correlação positiva e significativa entre o rendimento do grão com o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem. Contudo, esta correlação foi variável dum local para o outro indicando que a correlação entre o rendimento e as suas componentes é influenciado pelo ambiente onde os genótipos são testados. Em Nhacoongo, o rendimento correlacionou-se com o número de sementes por vagem (Tabela 3.5), enquanto que em Chimondzo e Ricatla o rendimento teve correlação com o número de vagens por planta e número de sementes por vagem (Tabelas 3.6 e 3.7). A variabilidade na correlação entre o rendimento e suas componentes não é surpreendente uma vez que o rendimento e suas componentes são geralmente características controladas por genes de herança quantitativa que são extremamente influenciados pelo ambiente. Estes resultados sugerem que a selecção indirecta do rendimento usando suas componentes pode ser complicada nos casos em que ocorre interacção entre o genótipo e ambiente.

Foram identificados genótipos de alto rendimento potencial. Estes genótipos são: IT00K-96, IT98K-1105-5, IT97K-284-4, IT69KD-901, UC-CB46. Estes cinco genótipos introduzidos

tiveram elevada produtividade (acima de 1700 kg.ha⁻¹) em Nhacoongo onde houve boas condições de gestão cultural nomeadamente uso de insumos como pesticidas e fertilizantes químicos, plantas mantidas livres de infestantes (Singh e Rachie, 1985) e disponibilidade de água no solo durante todo o ciclo de crescimento da cultura. A produtividade destes genótipos não foi significativamente diferente dos genótipos libertados IT-16, IT-18, INIA-152, INIA-41 e INIA-73.

Nos ensaios *on-farm* (gestão do camponês) onde não houve aplicação de insumos como fertilizantes e pesticidas químicos e as sachas nem sempre feitas atempadamente, o rendimento foi inferior comparado ao rendimento alcançado nos ensaios *on-station* (gestão do investigador), sugerindo grande variabilidade do feijão nhemba em resposta do tipo de gestão. A média do rendimento na gestão do investigador foi de 916 Kg.ha⁻¹, enquanto que o na gestão do camponês, foi de 509 Kg.ha⁻¹. O genótipo IT69KD-901 teve, na gestão do investigador, um desempenho igual ao alcançado quando cultivado sob gestão do camponês. Esse desempenho, não foi significativamente diferente do rendimento médio na gestão do camponês (509 Kg.ha⁻¹). Isto sugere, que este genótipo não responde a melhoria da qualidade das condições de cultivo portanto, não é recomendável para o sector comercial. Por outro lado, o genótipo IT69KD-901 foi superado pelos genótipos IT98K-1105-5, IT97K-284-4 e IT00K-96 na gestão do investigador e do camponês onde estes produziram rendimentos acima da média das respectivas condições de gestão. Este resultado demonstra que os genótipos IT98K-1105-5, IT97K-284-4 e IT00K-96 são, também adequados para o cultivo pelo sector familiar que dispõe de poucos recursos e por isso podem ser propostos para a libertação considerando que irão produzir um rendimento que é consideravelmente elevado.

O genótipo UC-CB46 destacou-se na gestão do investigador produzindo rendimentos acima da média do investigador, contudo quando cultivado pelos camponeses, o seu desempenho foi equivalente à média de gestão dos camponeses (509 Kg.ha⁻¹). O genótipo UC-CB46, para além de ter bom desempenho, possui características preferidas pelos camponeses. Estas características incluem: tamanho da semente grande (Peso de 100 sementes entre 19 e 23 g), associadas a semente de cor branca, hilo-preto e tegumento liso. Singh e Rachie (1985), referem que as características de feijão nhemba preferenciais na África tropical são: semente de com cor castanha, branca e creme com hilo pequeno e tegumento rugoso. No entanto há diversidade nas preferências em África. Em alguns distritos do sul de Moçambique como

Bilene, Boane e Chibuto por exemplo, as três primeiras características mais preferidas são rendimento do grão, da folha e tamanho do grão (Chiulele *et al.*, 2011). Esta constatação, sugere que o genótipo UC-CB46, pode ser recomendado para o sector familiar, mas o seu potencial é melhor aproveitado em condições de boa gestão cultural. Portanto, pode ser recomendado na condição de ser prioritariamente cultivado pelo sector comercial que pode aplicar os insumos como fertilizantes e pesticidas e em alguns casos a rega.

3.9 Conclusões

O objetivo deste estudo foi de avaliar o desempenho de 24 genótipos introduzidos em comparação com 5 já libertados e Moçambique. Com base nos resultados conclui-se que:

1. Existe grande variabilidade dos genótipos de feijão nhemba em resposta déficit hídrico e ao tipo de gestão. Havendo genótipos introduzidos que são melhores, iguais e piores do que os já libertados.
2. Os genótipos introduzidos IT00K-96, IT98K-1105-5, IT97K-284-4 e UC-CB46 são potenciais candidatos para libertação na região sul de Moçambique.
3. O rendimento do feijão nhemba depende do número de vagens por planta, do número de sementes por vagem e do peso de 100 sementes, mas essas componentes de rendimento nem sempre actuam conjuntamente na formação do rendimento
4. A selecção indirecta para o rendimento via componentes de rendimento só pode ser feita para genótipos que apresentam baixa interacção com o ambiente.

3.10 Recomendações

Recomenda-se que trabalhos similares envolvendo as mesmas variedades sejam conduzidos em outras áreas não cobertas por esta pesquisa, envolvendo mais camponeses por forma a aumentar o alcance das conclusões desta pesquisa;

Recomenda-se, também, que nos próximos estudos maior atenção seja dada aos genótipos Mougne e IT84S-2246 devem merecer atenção especial, pois, embora não se tenham destacado em condições de boa gestão cultural, exibiram uma tendência de bom desempenho na gestão do camponês.

Finalmente, que seja investigada a percepção dos camponeses reactivamente a estes genótipos.

Referências

- Ahmed, F. E and A. S. H. Suliman. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of Cowpea. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1(4): 534-540
- Bias. C., M. Freire, J. Mutondo, G. Mlay, F. Mazuze, E. Tostão, M. Amane, T. Chiconela, C. Amilai, C. C. Ecole, M. Falcão, A. Zacarias e C. Cuambe. 2010. *Fichas Técnicas de Culturas*. 1ed. Maputo: IIAM, UEM. 247p.
- FAOSTAT. 2012. Statistics of cowpea production. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. acessado em 18/10/2013.
- Gomez, K. A., A. A. Gomez. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2ed. John Wiley & Sons, New York. 679p.
- Gwathmey, C.O and A. E. Hall. 1992. Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits. *Crop Sci.* 32: 773-778.
- Hamidou, F, G. Zombre and S. Braconnier. 2007. Physiological and biochemical responses of cowpea genotypes to water stress under glasshouse and field conditions *J Agron Crop Sci.* 193 (4): 229-237.
- INE. 2011. *Censo Agro – Pecuário 2009 – 2010: Resultados Definitivos – Moçambique*.
- Lúcio, A.D., L. Storck, D.A. Banzatto. 1999. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha.* 5: 99-103.
- MAE. 2005. Perfil do distrito de Inharrime Inharrime Província de Inhambane. Disponível em <http://www.portaldogoverno.gov.mz/Informacao/distritos/inhambane/Inharrime.pdf>. Acessado em 18/02/2014

- MAE. 2005. Perfil do distrito de Marracuene Província de Maputo. Disponível em http://www.portaldogoverno.gov.mz/Informacao/distritos/p_maputo/Marracuene.pdf. Acessado em 18/02/2014
- MAE. 2005. Perfil do distrito do Bilene Macia Província de Gaza. Disponível em <http://www.portaldogoverno.gov.mz/Informacao/distritos/gaza/Bilene.pdf>. Acessado em 18/02/2014
- Oliveira, I. P., A. M. Carvalho. 1988. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmido e semi-árido do Brasil. P. 65-96. In J. P. P. Araújo e E. E. Watt (ed). O caupi no Brasil. EMBRAPA, CNPAF, Brasília.
- Payne, R. W., Murray. D. A., Harding, S. A., Baird, D. B. e Soutar, D. M. 2012. GenStat for windows (15 ed.) Introduction. VSN International, Hemel, Hempstead.
- Ravindra, V, P.C. Nautiyyal, and Y.C. Joshi. 1990. Physiological analysis of drought resistance and yield in groundnut (*Arachis hypogea* L.). Trop Agric 67: 290-296.
- Silva, A.C. 2011. Características Agronômicas e Qualidade de Semente de Feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. Tese (Mestrado em Agronomia). Univ. Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil. Disponível em <http://www.uesb.br/mestradoagronomia/banco-de-dissertacoes/2011/alexandre-carneiro.pdf>. Acessado em 18/10/2013.
- Silva, J. A. L e J. A. Neves. 2011. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. Rev. Ciênc. Agron. 42 (3): 702-713.
- Silva, J.A.L e J.A. Neves. 2011. Componentes de Produção e suas Correlações em Genótipos de Feijão caupi em Cultivo de Sequeiro e Irrigado. Rev. Ciênc. Agron. 42(3): 702-713
- Singh, S. e Rachie, K. 1985. Cowpea research, production and utilization. Chichester, John Wiley.

Turk, K.J and Hall, A.E (1980b). Drought adaptation of cowpea. IV: Influence of drought on water use and relation with growth and seed yield. *Agron J* 72: 440-448.

Turk, K.J, Hall, A.E and Asbell, C.W (1980). Drought adaptation of cowpea. 1. Influence of drought on seed yield. *Agron J* 72:413-420.

Ziska, L.H and Hall, A.E (1983). Seed yields and water use of cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.) subjected to planned-water deficit. *Irrigation Science* 3: 237-245.

Capítulo IV: Estabilidade de Rendimento do grão de Feijão Nhemba em diferentes ambientes no Sul de Moçambique

Resumo - A região sul de Moçambique é marginal para a produção de culturas de sequeiro devido a imprevisibilidade da ocorrência das chuvas e a maior variabilidade espacial e temporal da precipitação resultando em rendimentos baixos e instáveis ao longo das campanhas agrícolas e locais de produção. Genótipos de rendimento alto e estáveis são necessários na região para garantir a segurança alimentar e bem-estar das famílias produtoras. O presente estudo foi realizado para avaliar a estabilidade de rendimento de 19 genótipos introduzidos em comparação com 5 já libertados no país. O método GGE biplot foi usado para quantificar a interação e identificar genótipos superiores na região. O estudo revelou que a interação qualitativa é responsável pela variação do rendimento de feijão nhemba na região sul de Moçambique. Os métodos GGE biplot e medida de superioridade do cultivar são discrepantes quanto a identificação de genótipos superiores na presença de pontos extremos. Os genótipos IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 combinaram elevada produtividade e estabilidade, podendo ser recomendados para produção em todos ambientes estudados na região sul de Moçambique. Nhacoongo foi o ambiente mais representativo e ao mesmo tempo discriminativo, portanto, revelou-se adequado para avaliação e selecção de genótipos estáveis. Enquanto que, os ambientes Inharrime e Bilene foram menos discriminativos em relação aos genótipos e, portanto, não adequados para selecção de genótipos estáveis.

Palavras-chave: Feijão nhemba, estabilidade de rendimento, GxA, GGE biplot

4.1 Introdução

Em Moçambique, o feijão nhemba é maioritariamente produzido em condições marginais. A cultura é produzida em condições de sequeiro, sem aplicação de insumos, em solos de baixa fertilidade (INGC, 2009) e baixa capacidade de retenção de água (Reddy, 1986 citado por INGC, 2009). Para além da variabilidade da precipitação, a baixa fertilidade dos solos (INGC, 2009) e a pobre gestão cultural agravam a marginalidade das condições de produção da cultura, resultando em rendimentos extremamente baixos e bastante variáveis.

A dependência da precipitação para a produção da cultura afecta significativamente a produção e a produtividade porque o padrão de distribuição da precipitação nas três regiões do país é bastante variável. A zona sul e o interior da zona centro recebem chuvas irregulares e em pequenas quantidades (INGC, 2009). Isto torna essas regiões marginais à produção de culturas de sequeiro devido a imprevisibilidade da ocorrência e a maior variabilidade espacial e temporal (intra e inter-sazonal) da precipitação. O INGC (2009), cita por exemplo, que a precipitação média mensal da zona norte varia entre 20 e 200 mm na época chuvosa e 5 e 30 mm durante a época seca. Na zona centro, esta varia entre 30 e 200 mm durante a época chuvosa e 20 e 40 mm durante a época seca, enquanto na zona sul, esta é baixa variando entre 40 e 130 mm na época chuvosa e 20 e 40 mm na época seca. Todavia, a zona sul regista precipitações elevadas que a zona norte e centro durante a época seca devido a influência das frentes frias que contribuem com quantidades significativas da precipitação durante o inverno. Segundo o INGC (2009), grande parte da variabilidade observada na precipitação na região Austral de África deve-se aos fenómenos El Niño que causa condições quentes e secas acima da média durante a época chuvosa e La Niña que causa condições húmidas e frio na sua fase mais fria.

Em Moçambique, o feijão nhemba é cultivado um pouco por todo o país, nos mais diversos ambientes (Amane, 2000). No entanto, estudos têm vindo a demonstrar que os genótipos reagem de forma diferenciada quando cultivados em ambientes diversificados (Farshadfar *et al.*, 2001; Ahmad *et al.*, 2003; Adugna, 2007; Altay, 2012; Osiru, 2009). As flutuações no desempenho dos genótipos sugerem a presença de interação (Annicchiarico, 2002). Esta complica os processos de seleção e recomendação de genótipos numa região (Crossa, 1990). Pois, genótipos identificados como adaptados a um ambiente podem apresentar mau

desempenho noutros, dificultando assim uma recomendação mais generalizada na região sem que haja prejuízo considerável para a produção.

A interação deve ser estudada de modo a torna-la vantajosa para a produtividade das culturas. Embora estudos de estabilidade de rendimento sejam uma alternativa para minimizar a imprevisibilidade dos rendimentos das culturas, existem poucos estudos feitos sobre estabilidade de rendimento do feijão nhemba, em Moçambique, que possam ser usados como base para tomada de decisão sobre a selecção e recomendação de genótipos de feijão nhemba. Nesse contexto, o presente trabalho foi conduzido com o objectivo de identificar genótipos que podem ser produzidos na região sul sem que haja variação considerável do rendimento. A hipótese testada na pesquisa foi de que, existe no material avaliado pelo menos um genótipo estável e adequado para cultivo na região sul de Moçambique.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Caracterização do local de estudo

Os ensaios foram conduzidos na campanha agrícola 2013/2014 ao longo da zona agroecológica dois (R2). De acordo com o ministério da agricultura e pescas (1996), esta zona, também chamada região semi-árida do litoral sul, compreende toda faixa costeira de Maputo (Marracuene e Manhiça), a província de Gaza (Bilene, Macia, Chibuto e Manjacaze) e aproximadamente toda a província de Inhambane (Zavala, Inharrime, Panda, Jangamo, Homoíne, Inhambane, Maxixe, Morrumbene, Funhalouro, Massinga, Vilanculo, Inhassouro e Gouvuro) até ao rio Save. Informações do INE (2010) indicam que, o feijão nhemba é uma das principais culturas alimentares de sequeiro cultivada nessa região.

Em geral, esta zona é caracterizada por altitudes abaixo de 500 metros, temperatura média anual acima de 24°C, precipitação média anual inferior a 1000 milímetros e evapotranspiração superior a 1500 milímetros por ano. O período chuvoso vai de Novembro a Março na maior parte da zona com exceção da região adjacente a costa onde inicia mais cedo, em Outubro. As chuvas são irregulares provocando períodos de seca, em plena época chuvosa. Os solos são variáveis com grande predominância de solos arenosos.

Segundo MAE (2005), em Ricatla, a época chuvosa inicia em Outubro e termina em Abril. A mesma fonte refere que a precipitação neste local é moderada, com um valor médio anual entre 500 e 1000 mm e maior concentração entre Dezembro e Fevereiro. A evaporação anual é de cerca de 1700 mm e varia entre 77.5 e 233.1 mm/mês, com a evaporação máxima a registar-se em Dezembro e a mínima em Junho.

Em Inharrime, a época chuvosa inicia em Outubro e termina em Março (MAE, 2005). A precipitação média anual é de cerca de 1500 mm, com maior incidência nos meses de Fevereiro e Março (MAE, 2005). A temperatura média anual situa-se entre 18 e 33°C (MAE, 2005).

Em Bilene, a época chuvosa inicia em Janeiro e termina em Abril (MAE, 2005). As chuvas são irregulares com menos de três meses de excesso de água durante a época chuvosa (MAE, 2005). A precipitação média anual varia entre 800 e 1000 mm, a evapo-transpiração é, geralmente, superior a 1500 mm e a temperatura média anual varia entre 24 e 26°C (MAE, 2005).

Durante a condução do ensaio (Fevereiro à Maio), em Nhacoongo, as características climáticas foram variáveis. Os meses mais chuvosos foram Fevereiro, Março e Abril, com precipitação acima de 100 mm/mês. O mês de Maio foi o menos chuvoso com precipitação na ordem de 50 mm/ mês. A temperatura foi mais alta nos meses de Fevereiro e Março, enquanto a humidade relativa do ar foi constante em cerca de 50% durante a condução do ensaio (Figura 4.1).

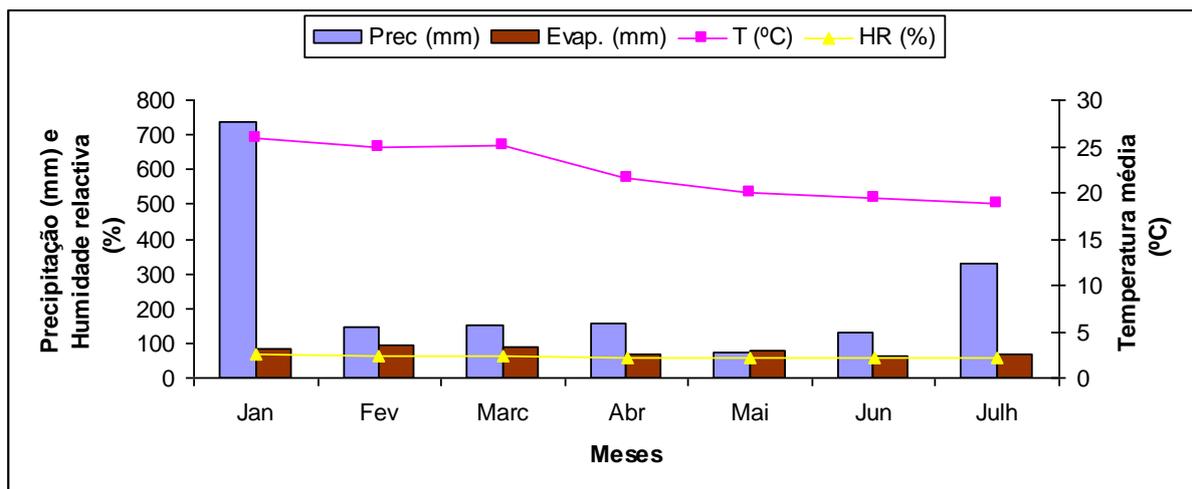


Figura 4.1: Médias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Nhacoongo, no período de Janeiro a Julho de 2013.

Fonte: INAME (2013)

Por outro lado, o solo de Nhacoongo foi classificado como fraco-arenoso (Geurts, 1996) e apresentou os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água, 5.12; MO, 0.55%; N, 0.06%; P, 1.41 mg/100; K⁺, 0.064 meq/100g; e na camada de 20-40 cm de profundidade: pH em água, 5.05; MO, 0.16%; N, 0.08%; P, 0.53 mg/100; K⁺, 0.074 meq/100g.

Em Chimondzo, a caracterização foi feita com base na estação climática mais próxima, a estação de Maniquenique. De acordo com os dados dessa estação, os meses mais chuvosos foram Janeiro e Março com precipitação de cerca de 100 mm/mês. O mês de Fevereiro foi o menos chuvoso com precipitação na ordem de 50 mm/ mês. A temperatura foi mais alta no mês de Fevereiro atingindo cerca de 25°C, enquanto a humidade relativa do ar foi superior a 50% durante a condução do ensaio (Figura 4.2).

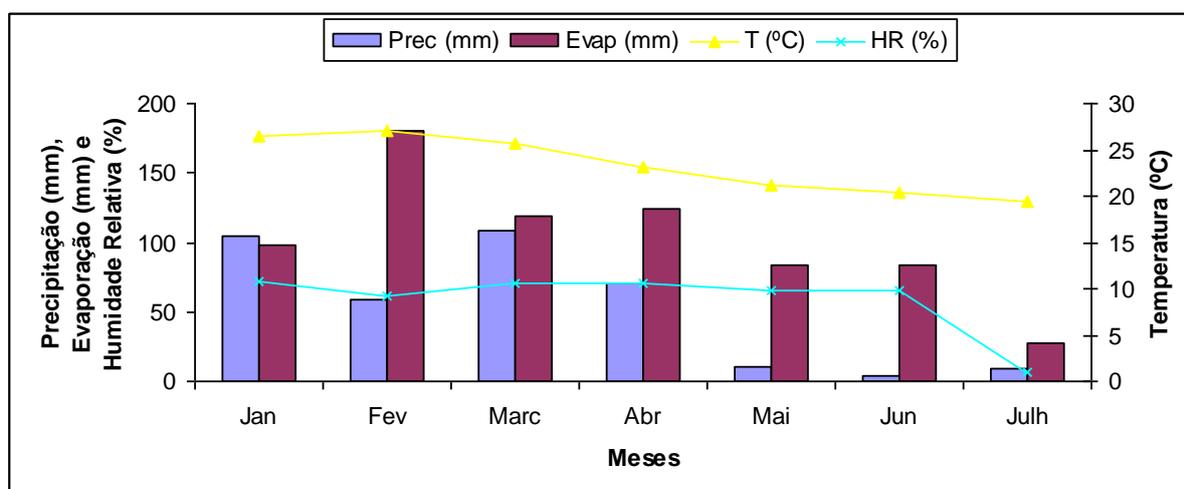


Figura 4.2: Médias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Chimondzo, no período de Janeiro a Julho de 2013.

Fonte: INAME (2013)

Os solos de Chimondzo apresentaram textura arenosa de acordo com a classificação de Geurts (1996) e os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água, 6.59; MO, 1.13%; N, 0.03%; P, 0.78 mg/100; K⁺, 0.004 meq/100g; e na camada de

20-40 cm de profundidade: pH em água, 6.35; MO, 0.72%; N, 0.02%; P, 0.38 mg/100; K⁺, 0.004 meq/100g.

Em Inharrime, a época chuvosa inicia em Outubro e termina em Março. A precipitação média anual durante esse período é de 1500 mm, com maior incidência nos meses de Fevereiro e Março (MAE, 2005). A temperatura média situa-se entre 18 e 33°C (MAE, 2005).

Segundo a classificação de Geurts (1996) os solos de Inharrime são classificados como franco-arenosos. Estes solos, apresentaram os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água, 5.77; MO, 0.75%; N, 0.05%; P, 0.78 mg/100; K⁺, 0.07 meq/100g; e na camada de 20-40 cm de profundidade: pH em água, 5.79; MO, 0.94%; N, 0.05%; P, 0.35 mg/100; K⁺, 0.07 meq/100g.

Em Bilene, durante o período da condução do ensaio (Janeiro à Abril), houve maior precipitação no mês de Janeiro e menor precipitação nos meses de Fevereiro e Março. A Temperatura foi mais alta em Janeiro, Fevereiro e Março tendo depois baixado em Abril. A humidade relativa do ar foi menor em Janeiro e subiu mantendo-se constante nos meses de Fevereiro, Março e Abril (Figura 4.4).

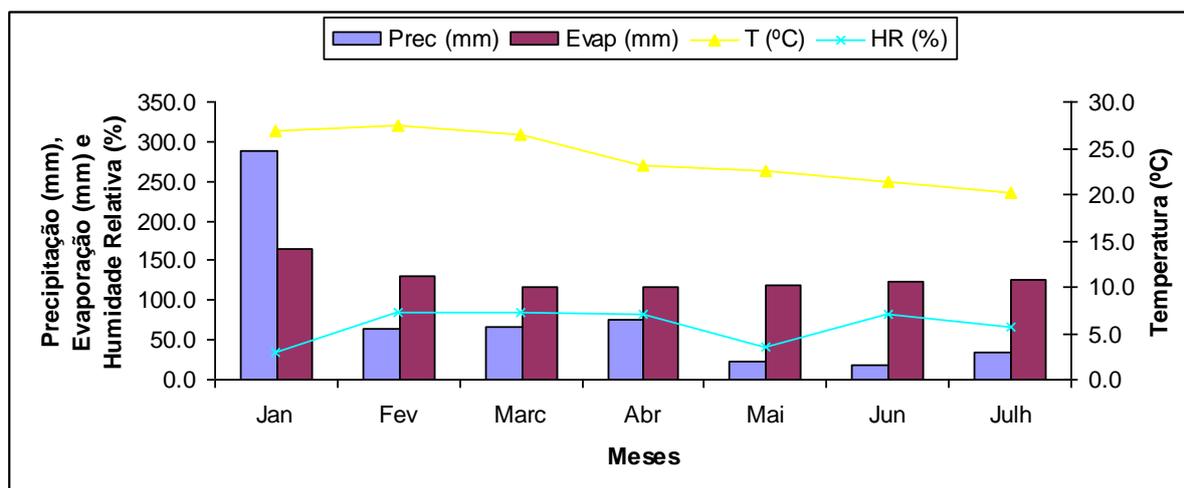


Figura 4.3: Médias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Bilene, no período de Janeiro a Dezembro de 2013.

Fonte: INAME (2013)

Os solos de Bilene foram classificados como arenosos (Geurts, 1996), e apresentou os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água, 6.33; MO, 1.14%; N, 0.03%; P, 1.13 mg/100; K⁺, 0.02 meq/100g; e na camada de 20-40 cm de profundidade: pH em água, 6.13; MO, 0.85%; N, 0.02%; P, 0.92 mg/100; K⁺, 0.02 meq/100g.

Em Ricatla, Durante o período da condução do ensaio (Fevereiro à Maio), houve maior precipitação no mês de Março e esta baixou abruptamente nos meses seguintes. A Temperatura durante esse período não foi registada (falta de equipamento no posto), no entanto dados da evaporação do tanque revelam que a evaporação manteve-se praticamente constante em Fevereiro, Março e Abril e baixou em Maio. Por outro lado, a humidade relativa do ar teve um comportamento semelhante a precipitação (figura 4.5).

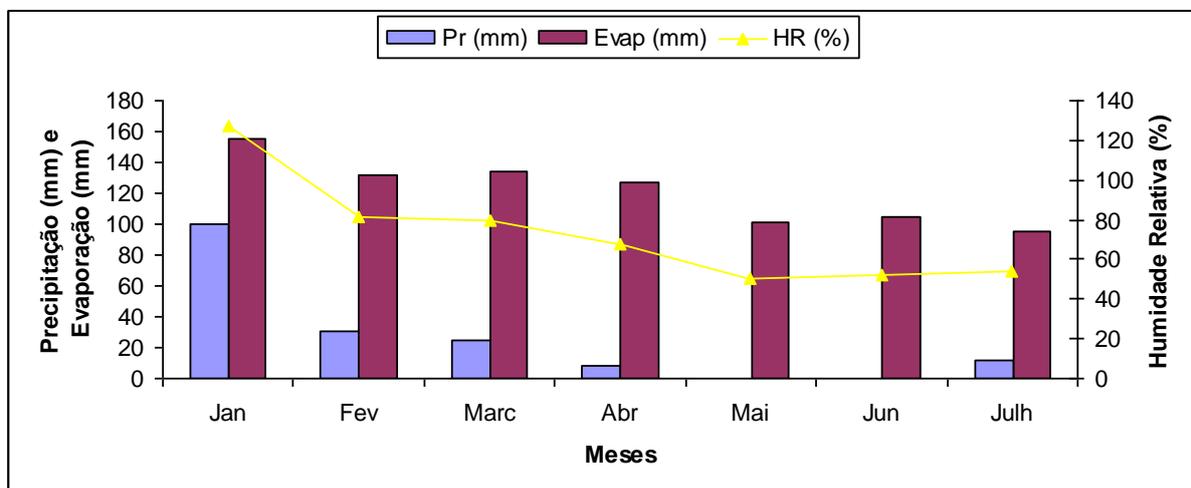


Figura 4.4: Médias mensais de precipitação, temperatura média e humidade relativa do ar, em Ricatla, no período de Janeiro a Julho de 2013.

Fonte: INAME (2013)

Em Ricatla o solo foi classificado como arenoso (Geurts, 1996), apresentou os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água, 5.43; MO, 0.75%; N, 0.04%; P, 0.49 mg/100; K⁺, 0.004 meq/100g; e na camada de 20-40 cm de profundidade: pH em água, 5.91; MO, 0.37%; N, 0.06%; P, 0.669 mg/100; K⁺, 0.004 mg/100g.

4.3.3 Caracterização das variedades usadas no ensaio

Vinte e quatro genótipos de feijão nhemba foram usados nos ensaios. Dezanove foram obtidos da Univeridade de Califórnia Riverside, mas a sua origem é diversa incluindo o Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), Senegal, Universidade de Califórnia Riverside. Os cinco genótipos consistem de materiais originários do IITA mas que já foram libertadas em Moçambique. Estes cinco genótipos foram inclusos no estudo para servirem de controlo. Os nomes e a origem dos diferentes genótipos usados no ensaio são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Principais características fenotípicas e origem dos genótipos envolvidos no ensaio.

Genótipo	Origem	Características fenotípicas
IT00K-96	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT69KD-901	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT84S-2049	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT84S-2246	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa rugosa, determinada
IT85F-3139	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa rugosa, determinada
IT95M-303	IITA	Semente pequena, castanha com manchas brancas, testa lisa
IT97K-284-4	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT98K-1105-5	IITA	Semente média, castanha, erecta, testa lisa, determinada
IT98K-1111-1	IITA	Semente pequena, olho negro, erecta, determinada, precoce
INIA-152	Moçambique	Semente pequena, castanha, erecta, determinada, precoce
INIA-41	Moçambique	Semente grande, crème, prostrada
INIA-73	Moçambique	Semente grande, vermelha, erecta, determinada, precoce
IT-16	Moçambique	Semente média, creme, erecta, determinada, precoce
IT-18	Moçambique	Semente pequena, castanho claro, semi-erecta, determinada, precoce
Apagbaala	Senegal	Semente média, branca, olho castanho, determinada, precoce
Bambey-21	Senegal	Semente média, branca, erecta e determinada
KVX-61-1	Senegal	Semente média, branca, manchas castanhas, determinada, precoce
Mougne	Senegal	Semente média, olho negro, tegumento com manchas pretas
Sessaque	Senegal	Semente média, vermelha, erecta, determinada, precoce
Sh-50	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UC-524B	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UC-CB27	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UC-CB46	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce
UCR-P-24	UCR	Semente grande, hilo-negro, erecta, determinada, precoce

Nota: Todos os genótipos são melhorados, maturação precoce à média, com exceção do INIA-41 que tem maturação média à tardia. IITA: Instituto internacional de Agricultura Tropical; UCR: Universidade Riverside - Califórnia.

Estes genótipos foram selecionados por terem apresentado altos rendimentos em ensaios anteriores conduzidos no país e por apresentarem algumas características agronômicas e de preferência do consumidor como o tamanho de grão. Os genótipos de cada local onde o estudo foi realizado não foram inclusos na pesquisa devido a dificuldades de aquisição de semente.

4.3.4 Descrição dos ensaios e dos tratamentos

Para a condução deste estudo, foram montados 3 ensaios com todos os 24 genótipos, usando o delineamento em alfa-lattice arranjado com quatro (4) linhas e seis (6) colunas e quatro (4) repetições. O primeiro ensaio foi montado no Posto Agronômico de Ricatla em Maputo, o segundo na machamba do líder comunitário em Chimonzo no distrito de Bilene em Gaza e o terceiro no Posto Agronômico de Nhacoongo no distrito de Inharrime em Inhambane. Para além destes ensaios, os 24 genótipos foram também avaliados nas machambas dos camponeses usando o delineamento de blocos completos casualizados com três (3) repetições. Para o efeito, os 24 genótipos foram divididos em 4 grupos de 6 genótipos cada. No grupo-1 os genótipos foram: INIA-41, IT-16, IT-18, IT98K-1111-1, UC-CB27 e UCR-P-24, no grupo-2 foram: Bambey-21, INIA-73, IT85F-3139, IT95M-303, K VX-61-1 e UC-CB46, no grupo-3 foram: IT00K-96, IT69KD-901, IT84S-2049, IT97K-284-4, Sh-50 e UC-524B, e no grupo-4 foram: Apagbaala, INIA-152, IT84S-2246, IT98K-1105-5, Mougne e Sessaque. Cada grupo de 6 genótipos foi avaliado por 4 camponeses em Bilene e 6 camponeses em Inharrime, correspondendo a 4 e 6 repetições desses genótipos em Bilene e Inharrime, respectivamente. Assim, o número de camponeses que conduziram ensaios incompletos de 6 genótipos em Bilene foi de 16 enquanto que em Inharrime foi de 24.

Nos ensaios completos de 24 genótipos, cada genótipo foi semeado numa parcela de quatro linhas de 5 metros cada. A sementeira foi feita com duas sementes por covacho e sete dias depois da emergência efetuou-se o desbaste deixando a planta mais vigorosa. Antes da sementeira fez-se análise de solo e posteriormente fez-se aplicação de 174 kg.ha⁻¹ do fertilizante NPK 12-24-12. Estes ensaios foram conduzidos de acordo com as normas técnicas para produção de feijão nhemba em condições de sequeiro em Moçambique (Bias *et al.*, 2010). Fez se a aplicação preventiva com cipermetrina na dose de 0.7 l/ha para besouro da folha e com dimetoato na dose de 0.8 l/ha, para afídios e tripes do botão. O campo foi

mantido livre de infestantes através da sacha manual. A variável medida foi o rendimento do grão (RG) a 13% de humidade.

Nas machambas dos camponeses, cada genótipo foi semeado numa parcela de quatro linhas de 5 metros cada. A sementeira foi feita com duas sementes por covacho e sete dias depois da emergência efetuou-se o desbaste deixando a planta mais vigorosa. Não foi feita nenhuma adubação. Em Inharrime foram feitas aplicações preventivas contra insectos usando cipermetrina e dimetoato nas doses de 0.7 l/ha e 0.8 l/ha, respectivamente. O controlo de infestantes foi feito manualmente por cada camponês. A variável medida foi o rendimento (RG) a 13% de humidade.

Rendimento do grão (RG): para obtenção do rendimento, colheu-se, na totalidade, cada parcela do ensaio, pesou-se os grãos em gramas por parcela e posteriormente converteu-se para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para submissão à análise estatística.

4.3.5 Análise estatística

As análises feitas foram: análise combinada das componentes de variância e análise de estabilidade. As componentes de variância foram analisadas usando o REML (*Residual maximum likelihood*). Enquanto a análise de estabilidade foi feita usando o método GGE biplot e a medida de superioridade do cultivar. Os pressupostos para análise REML foram avaliados usando os testes de Bartlett para homogeneidade das variâncias e de Shapiro-Wilk para a normalidade da distribuição dos erros (anexos 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13). Após a observação dos pressupostos foi feita análise combinada (equação 4.1) dos ensaios. Nessa análise os genótipos e ambientes foram considerados variáveis fixas, enquanto o erro foi considerado variável aleatória. O modelo usado para análise foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + (G \times E)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (4.1)$$

Onde:

Y_{ij} – rendimento médio do genótipo i , com ($i = 1, 2, \dots, 24$), no ambiente j , com ($j = 1, 2, \dots, 8$); G_i – efeito principal do genótipo i com ($i = 1, 2, \dots, 24$); E_j – efeito principal do ambiente j com ($j = 1, 2, \dots, 8$); $(G \times E)_{ij}$ – efeito da interação do genótipo i com o ambiente j ; ε_{ij} – efeito do termo erro associado ao genótipo i no ambiente j .

A estabilidade do rendimento dos genótipos foi avaliada usando o método de análise GGE biplot de acordo com Yan et al. (2000, 2002). O método GGE biplot foi aplicado de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} n_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} n_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (4.2)$$

Onde:

Y_{ij} é a média de rendimento do genótipo i ($i=1, 2, \dots, n$) no ambiente j ($j=1, 2, \dots, m$); μ : média geral; B_j : efeito principal do ambiente j ; λ_1 e λ_2 : valores singulares (SV) da 1ª e 2ª componente principal (PC1 e PC2, respectivamente), os seus quadrados representam a soma dos quadrados explicados pela PC1 e PC2 para as duas dimensões biplot; ξ_{i1} e ξ_{i2} : vectores do genótipo i para PC1 e PC2, respectivamente; n_{j1} e n_{j2} : vectores do ambiente j para PC1 e PC2, respectivamente; ε_{ij} : erro associado ao genótipo i no ambiente j .

A visualização dos melhores e piores genótipos em cada ambiente (“which-won-where”) foi feita através do polígono formado pela conexão dos pontos correspondentes aos genótipos mais distantes da origem do biplot de modo que os restantes pontos caíssem dentro do polígono. Os segmentos de recta que partem da origem do polígono e são perpendiculares a cada lado do mesmo definem sectores nos quais se encontram ambientes. O genótipo localizado no vértice de cada sector é caracterizado como o melhor genótipo em todos ambientes contidos nesse sector (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2002). Os sectores que não contêm ambientes indicam que os genótipos neles contidos são os piores em todos ambientes (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2002).

Os genótipos foram classificados com base no seu rendimento e estabilidade construindo uma linha que passam através da origem do biplot com uma seta apontada para o sentido crescente da média de rendimento do ambiente, denominada coordenada da média ambiental (AEC). A

projeção dos pontos correspondentes aos genótipos para AEC é uma aproximação boa do rendimento dos mesmos (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2002). Quanto mais distante da origem na direção crescente da AEC estiver a projeção do ponto correspondente ao genótipo, maior é o seu rendimento.

Perpendicularmente a AEC foi construída uma linha que passa pela origem do biplot que dá uma indicação da estabilidade dos genótipos. A projeção dos pontos correspondentes aos genótipos para linha de estabilidade dá uma indicação da estabilidade dos genótipos. Quanto mais distante, nas duas direções, estiver a projeção do ponto correspondente ao genótipo, da origem do biplot na linha de estabilidade maior é a interação do genótipo com o ambiente, e portanto, menor a sua estabilidade nos ambientes testados (Yan *et al.*, 2001).

A relação entre ambientes foi estimada com base no ângulo formado entre dois vectores ambientais. Um vector ambiental é definido por uma linha que une o ponto ambiental à origem do biplot. O coseno do ângulo formado entre dois vectores ambientais está relacionado ao coeficiente de correlação entre os respectivos ambientes (Kaya *et al.*, 2006; Yan e Tinker, 2006). Um ângulo agudo indica correlação positiva, enquanto um recto, ausência de correlação e, obtuso, correlação negativa.

Para além do método GGE biplot, também usou-se o método da medida de superioridade do cultivar proposto por Lin e Binns (1988). Este método foi usado sem decomposição da estatística Pi . Lin e Binns (1988), definiu o parâmetro Pi como medida para estimar a estabilidade dos genótipos. A estimação é feita através do quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima para todos os ambientes. O método de superioridade pondera os desvios de comportamento dos genótipos nos ambientes, ou seja, considera a estabilidade de comportamento dos genótipos. Além disso, leva em consideração o rendimento do genótipo e a resposta relativa a um genótipo hipotético, que é uma medida de estabilidade.

De acordo com o método, o parâmetro de superioridade Pi quantifica o desvio do genótipo “i” em relação a produtividade máxima observada em cada um dos “j” ambientes. Assim, quanto menor for o valor desse parâmetro mais estável é o genótipo, apresentando melhor desempenho no maior número de ambientes possíveis.

Para análise de estabilidade, com base na medida de superioridade, foram determinados os parâmetros de estabilidade P_i com base no método superioridade proposto por Lin e Binns (1988). A estatística de estabilidade P_i , adoptada por Lin e Binns (1988) é obtida pela equação 4.3.

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_{.j})^2}{2a} \quad (4.3)$$

Onde: P_i – estatística de estabilidade; Y_{ij} – rendimento médio do grão do genótipo i no ambiente j ; $M_{.j}$ – rendimento máximo entre todos os genótipos, no j -ésimo ambiente; a – total de ambientes.

4.4 Resultados

4.4.1 Análise dos componentes de variância conjunta

A tabela 4.2 mostra os resultados das componentes de variância conjunta usando REML para 24 genótipos de feijão nhemba. Os resultados indicam que a interação entre genótipo e ambiente foi significativa ($p < 0.001$) e explicou 19% da variação total observada. De modo similar, foram também significativos o genótipo e o ambiente, correspondendo a 19 e 62% da variação total observada. A significância da interação entre o genótipo e ambiente sugere que o desempenho dos genótipos é condicionado pelo ambiente onde é produzido. Os rendimentos de cada genótipo relativamente a produtividade geral do ensaio estão apresentados na figura 4.5.

Tabela 4.2: Análise conjunta do rendimento de grão de 24 genótipos de feijão nhemba avaliados em diferentes ambientes no sul de Moçambique

Factores fixos	Estatística de Wald	GL.	Wald/GL.	chi pr
Genótipo	3959103.29	23	172134.93	<0.001
Ambiente	12789169.3	4	3197292.33	<0.001
Genótipo × Ambiente	3987675.17	92	43344.3	<0.001

Experimento	Factor	Estimativa
1	Residual	127912
2	Residual	58372
3	Residual	1.000
4	Residual	1.000
5	Residual	1.000

Nota: chi pr- probabilidade associada a estatística de Wald; GL- graus de liberdade associados aos factores fixos; GLerro – graus de liberdade associado ao erro

O rendimento médio dos genótipos por ambientes, o rendimento de cada ambiente e o rendimento médio geral estão apresentados na tabela 4.3. o rendimento médio dos genótipos por ambiente, variou entre 458 kg.ha⁻¹ e 1488 kg.ha⁻¹, o mais baixo foi registado em Ricatla e o mais elevado em Nhacoongo. Os genótipos IT00K-96, IT69KD-901, IT84S-2049, IT98K-1105-5 e INIA-152 foram os que tiveram maior destaque nos ambientes testados por apresentarem rendimentos médios superiores às médias de cada ambiente e também por superarem a média geral de 776 kg.ha⁻¹ (Tabela 4.3). Em Bilene nenhum genótipo superou a média geral.

O rendimento médio dos genótipos, variou entre 384 kg.ha⁻¹ e 1205 kg.ha⁻¹. O rendimento mais alto foi do genótipo IT00K-96 e o mais baixo do Bambey-21. O genótipo mais produtivo foi IT00K-96 com 1205 kg.ha⁻¹ seguido de IT69KD-901 com 1050 kg.ha⁻¹ e UC-CB46 com 1016 kg.ha⁻¹ (Tabela 4.3).

Tabela 4.3: Rendimento médio (kg.ha⁻¹) de 24 genótipos de feijão nhemba avaliados em cinco ambientes, na região sul de Moçambique

Genótipos	Ambientes					Média
	Nhacoongo	Chimondzo	Ricatla	Bilene	Inharrime	
Apagbaala	1503	630	498	431	283	669
Bambey-21	541	694	56	315	315	384
INIA-152	1929	953	640	631	767	984
INIA-41	1899	987	623	376	368	850
INIA-73	2038	912	731	466	792	988
IT00K-96	2376	1398	874	630	748	1205
IT-16	1765	794	557	362	501	796
IT-18	2144	1032	750	320	608	971
IT69KD-901	1959	1268	682	708	635	1050
IT84S-2049	1580	1252	498	741	499	914
IT84S-2246	1345	709	451	634	564	741
IT85F-3139	1066	889	297	646	341	648
IT95M-303	665	974	103	468	171	476
IT97K-284-4	1629	959	535	740	769	926
IT98K-1105-5	1838	921	569	625	815	953
IT98K-1111-1	1370	1006	475	287	332	694
KVX-61-1	1647	659	549	291	288	687
Mougne	1049	1086	164	645	703	729
Sessaque	1303	479	346	522	592	648
Sh-50	875	649	156	635	302	523
UC-524B	1060	750	244	335	511	580
UC-CB27	1344	959	400	429	449	716
UC-CB46	1941	1265	675	727	470	1016
UCR-P-24	851	754	119	266	398	477
Média	1488	916	458	510	509	776

4.4.2 Análise da estabilidade do rendimento do feijão nhemba usando GGE biplot

A figura 4.6 mostra a proporção da variação observada que é explicada pelo modelo, os melhores genótipos e os ambientes onde tiveram melhor desempenho. As duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2) explicaram em conjunto 83.61% da variação total devido ao genótipo e a interação entre o genótipo e ambiente. A componente principal 1 explicou 67.96% da variação enquanto a componente principal 2 explicou apenas 15.65% da variação. Os genótipos IT97K-284-4 foi o melhor em Chimondzo e nos ensaios *on-farm* de Bilene, enquanto o IT00K-96, foi melhor em Nhacoongo e nos ensaios *on-farm* de Inharrime. Os genótipos K VX-61-1, Bambey-21, IT95M-303 e Mougne foram os piores em todos ambientes porque estiveram localizados nos vértices do polígono nas secções sem ambientes.

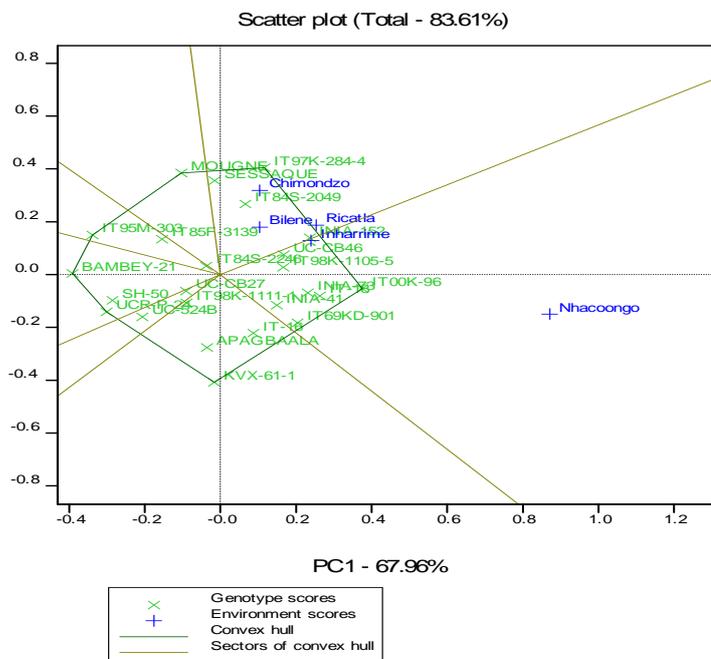


Figura 4.5: Genótipos com melhor e pior desempenho nos diferentes ambientes avaliados .

A classificação dos 24 genótipos de feijão nhemba em relação ao rendimento médio do ensaio e estabilidade é apresentada na figura 4.7. A linha que passa através da origem do biplot representa a coordenada da média ambiental (AEC) e é definida pela média dos pontos de PC1 e PC2 de todos os ambientes (Yan e Kang, 2003, citados por Hugh *et al.*, 2006; Hamayoon, 2011; Asfaw, 2012; Farshadfar, 2012). Neste biplot, a projeção dos pontos

correspondentes aos genótipos na AEC é uma boa aproximação do rendimento do genótipo. Quanto mais distante da origem, na AEC, estiver a projeção correspondente ao genótipo maior é o rendimento do genótipo. Por outro lado, a linha que passa pela origem do biplot e é perpendicular ao AEC representa a estabilidade dos genótipos. Quanto maior for o vector do genótipo a partir da AEC, nas duas direções, maior a interação do genótipo com o ambiente e, por conseguinte, menor estabilidade.

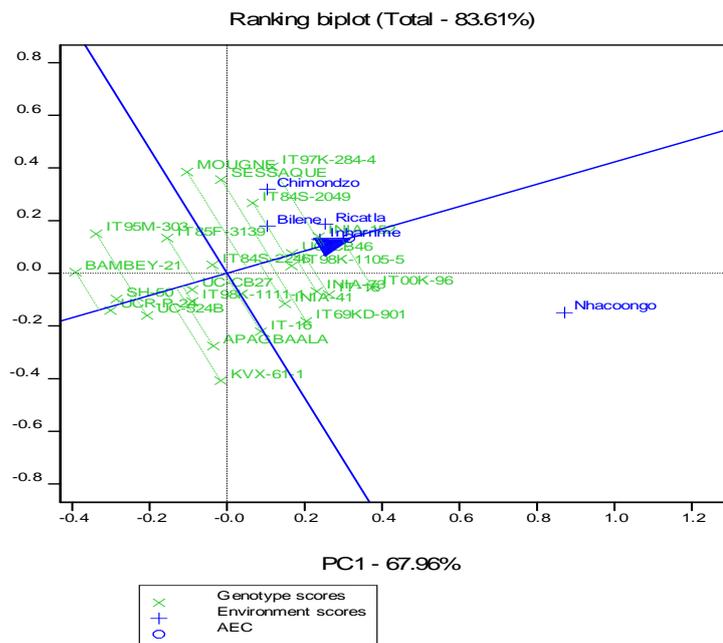


Figura 4.6: Ordenamento do rendimento e estabilidade dos 24 genótipos através do método GGE biplot.

De acordo com a figura 4.7, os genótipos localizados a direita da linha perpendicular ao eixo da AEC possuem rendimento acima da média geral ($776 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) enquanto os localizados à esquerda, possuem rendimento abaixo da média geral (Yan e Tinker, 2006). Assim, os genótipos com rendimentos acima da média geral do ensaio em ordem decrescente são: IT00K-96, INIA-152, IT97K-284-4, INIA-73, UC-CB46, IT-18, INIA-41, IT98K-1105-5, IT84S-2049, Sessaque, IT69KD-901. Dos genótipos com rendimento abaixo da média geral do ensaio, o IT-16 registou o rendimento mais elevado e Bambey-21 registou o rendimento mais baixo.

Em relação a estabilidade, os genótipos com alta estabilidade e rendimento acima da média foram INIA-152, UC-CB46, IT98K-1105-5, IT00K-96, IT-18, INIA-73 e INIA-41, enquanto UCR-P-24, Sh-50, UC-524B, IT98K-1111-1, UC-CB27, IT84S-2246, Apagbaala e Bambey-21 estabilidade alta mas rendimento abaixo da média. Por outro lado, os genótipos IT97K-284-4, IT84S-2049, Sessaque, IT69KD-901, Mougne foram os menos estáveis mas com rendimento acima da média, enquanto IT-16, IT85F-3139, K VX-61-1 e IT95M-303 foram menos estáveis e com rendimento abaixo da média.

Em relação ao genótipo, considera-se ideal aquele que possui um rendimento alto e é absolutamente estável (Yan e Kang, 2003, citados por Hugh *et al.*, 2006; Hamayoon, 2011; Asfaw, 2012; Farshadfar, 2012). Assim, esse genótipo é definido por um vector de AEC longo e uma projecção zero em relação a AEC (alta estabilidade). Na figura 4.8, esse genótipo estaria localizado no centro do círculo concêntrico. De acordo com a figura 4.8, o genótipo INIA-152 seria o ideal.

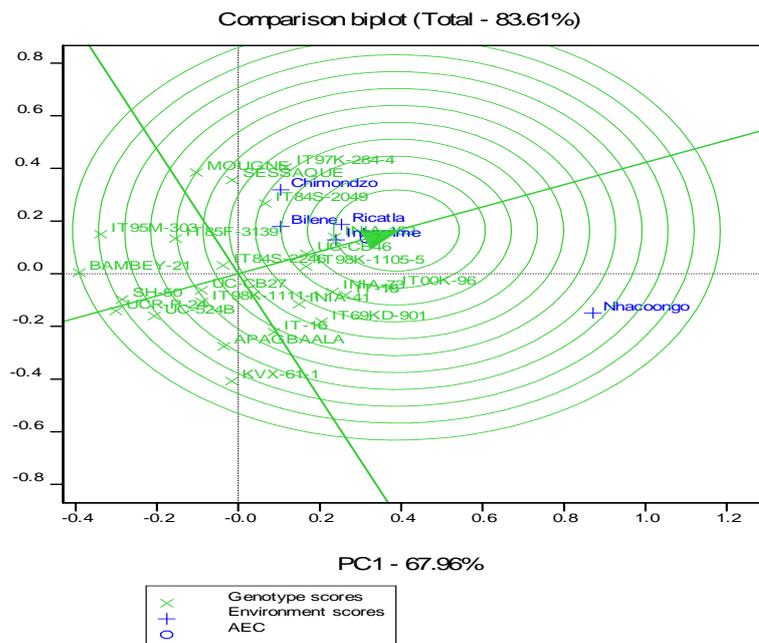


Figura 4.7: Classificação dos 24 genótipos de feijão nhemba relativamente ao genótipo ideal.

A relação entre os diferentes ambientes onde os genótipos foram testados indicada na figura 4.9. A magnitude do ângulo formado entre os vectores dos ambientes é uma aproximação da correlação entre os ambientes (Kaya *et al.*, 2006; Yan e Tinker, 2006). O ângulo formado

entre os vectores ambientais pode ser agudo indicando uma correlação positiva entre os ambientes; recto, indicando ausência de correlação e obtuso, indicando correlação negativa entre ambientes.

De acordo com a figura 4.9, Chimondzo teve correlação forte com Bilene, e Ricatla teve uma correlação forte com Inharrime. A correlação entre os ambientes de gestão do camponês assim como os de gestão dos investigadores foi moderadamente fraca.

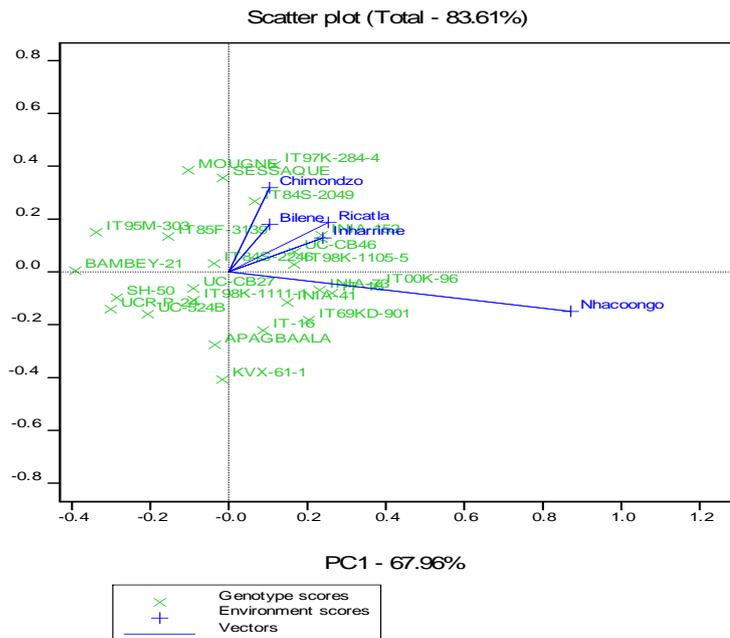


Figura 4.8: Relação entre cinco ambientes onde os genótipos foram testados na região sul de Moçambique.

A figura 4.9, também, indica a habilidade discriminativa dos ambientes e representatividade. Nessa figura, quanto mais longo for o vector ambiental mais discriminativo é o ambiente (Yan e Tinker, 2006). Um ambiente é representativo se o ângulo entre o vector ambiental e o eixo AEC for próximo de 0° ou se estiver próximo do centro do círculo concêntrico (Yan e Tinker, 2006). (Figura 4.10). Assim, Nhacoongo foi o ambiente que melhor discriminou os genótipos. Para além de ser discriminativo, Nhacoongo foi representativo (Figuras 4.10).

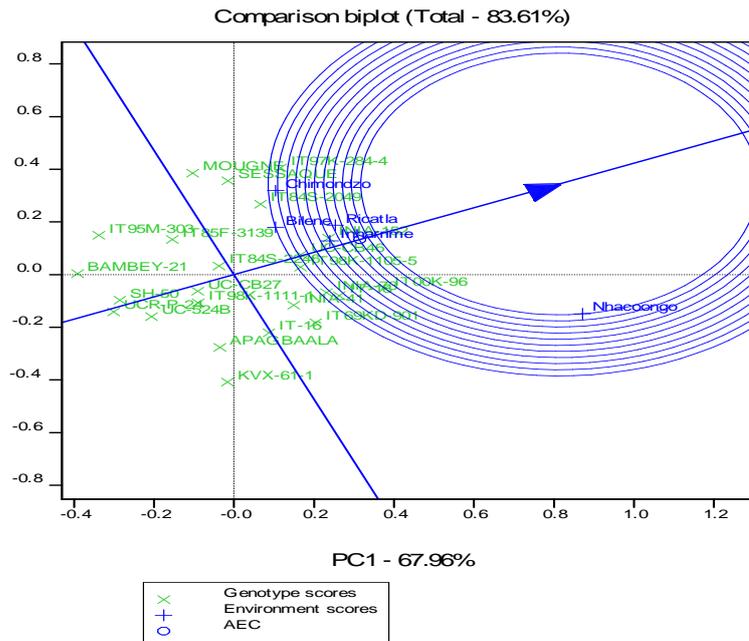


Figura 4.9: Ordenamento dos ambientes relativamente ao ambiente ideal.

Os resultados da análise GGE biplot revelaram a existência de dois mega-ambientes (Figura 4.11). O primeiro formado pelos ambientes Nhacoongo e Inharrime e o segundo, pelos ambientes Bilene, Chimondzo e Ricatla.

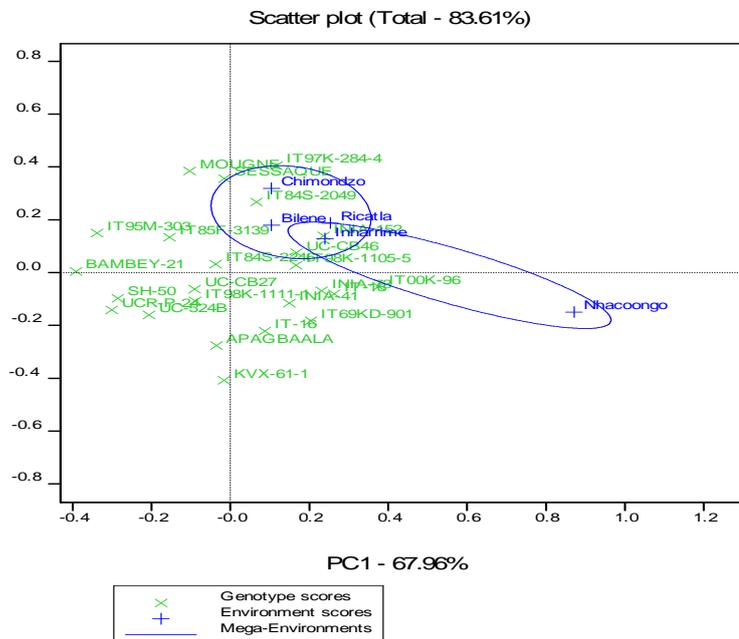


Figura 4.10: Agrupamento dos ambientes onde foi feita a avaliação dos 24 genótipos em Mega-ambientes.

4.4.3 Análise de Estabilidade de rendimento de 24 genótipos com base na Medida de superioridade do cultivar

Os parâmetros de estabilidade de rendimento de 24 genótipos do feijão nhemba com base no método de superioridade do cultivar são apresentados na tabela 4.5. Apenas o genótipo IT00K-96 (Class. 1) revelou estabilidade nos ambientes avaliados seguido de INIA-152 (class. 2) e IT-18 (class. 3).

Tabela 4.4: Parâmetros de estabilidade (P_i) e classificação de 24 genótipos com base na medida de superioridade do cultivar.

Genótipo	Rendimento (kg.ha ⁻¹)	Pi	Classificação
IT00K-96	971	26370	1
INIA-152	984	42334	2
IT-18	796	45889	3
INIA-73	988	54566	4
UC-CB46	1016	66554	5
IT97K-284-4	926	67449	6
IT98K-1105-5	953	68150	7
INIA-41	850	83737	8
IT84S-2049	914	86487	9
IT69KD-901	1050	106589	10
IT-16	1205	121763	11
Sessaque	648	129412	12
IT84S-2246	741	165987	13
Mougne	729	191709	14
UC-CB27	716	198479	15
Apagbaala	669	199227	16
IT98K-1111-1	694	201281	17
KVX-61-1	687	205669	18
IT85F-3139	648	232114	19
UC-524B	580	300607	20
Sh-50	523	364348	21
UCR-P-24	477	376955	22
IT95M-303	476	381714	23
Bambey-21	384	452764	24
Média	776	-	-

4.5 Discussão

Os resultados da análise das componentes de variância com base no REML (Tabela 4.2) revelou efeito significativo da interação entre o genótipo e ambiente ($p < 0.001$). Os efeitos principais do genótipo e ambiente foram altamente significativos ($p < 0.001$). O ambiente por si só explicou 62% da variação total do rendimento do grão. A contribuição da interação para a variação do rendimento do grão foi de 19%, o mesmo aconteceu com o genótipo que também contribuiu com 19%. A significância da interação demonstra que os genótipos reagiram de forma diferente às condições edafo-climáticas e de gestão. Esta interação foi de natureza qualitativa uma vez que diferentes genótipos tiveram desempenho diferente em diferentes ambientes (Crossa, 1990; Yan e Tinker, 2006). A presença da interação pode complicar a selecção de genótipos testados porque não se pode fazer uma recomendação uniforme para a região sem esperar prejuízo considerável para produção..

A variação total explicada pelas duas componentes principais (PC1 e PC2) devida ao genótipo e interação entre genótipo e ambiente foi elevada (83.61%) indicando que os resultados obtidos dos biplots são adequados para análise (Yang *et al.*, 2009). Contudo, a maior parte da variação total observada é explicada pelos efeitos principais dos genótipos uma vez que a componente principal 1 (PC1) explicou a maior parte da variação total observada.

A figura 4.9 indica que os vectores ambientais possuem valores positivos na PC1 e valores positivos e negativos na PC2. O primeiro caso, indica a ocorrência de interação quantitativa, enquanto que o segundo, interação qualitativa. Os resultados deste estudo concordam com os encontrados por Chiulele (2010) para feijão nhemba que indicam interação quantitativa para PC1 e qualitativa para PC2. A ocorrência simultânea destes dois tipos de interação em ensaios multilocais tem sido reportada por vários pesquisadores (Yan e Hunt, 2001; Matus-Cadiz *et al.*, 2003; Kaya *et al.*, 2006; Jalata, 2011). Este facto indica que existem genótipos com adaptação específica a determinados ambientes e outros com adaptação geral na região, sugerindo a necessidade de se praticar a selecção de genótipos de adaptação geral e outros de adaptação específica a determinados ambientes.

O método GGE biplot permitiu identificar os melhores e piores genótipos nos diferentes ambientes. O genótipo IT00K-96 teve melhor desempenho nos ambientes Nhacoongo e

Inharrime, enquanto que o genótipo IT97K-284-4 foi melhor no ambiente Chimondzo, Bilene e Ricatla (Figura 4.6). Para além destes os genótipos, K VX-61-1, Bambey-21, IT95M-303 e Mougne foram os piores em todos os ambientes avaliados (Figura 4.6). Estes resultados sugerem que o genótipo IT00K-96 tem adaptação específica para Nhacoongo e pode ser recomendado para esse ambiente, enquanto IT97K-284-4 pode ser recomendado para cultivo em Chimondzo, Bilene e Ricatla. Genótipos que foram piores, só podem ser usados em programas de melhoramento de modo a resgatar características interessantes, caso tenham. Por exemplo, o genótipo Bambey-21 tem uma cor branca e hilo pequeno, características que podem ser transferidas para um genótipo com melhor desempenho.

Foram identificados dois grupos de genótipos quanto ao desempenho. Os genótipos com rendimento acima da média geral ($776 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) que foram IT00K-96, INIA-152, IT-18, INIA-73, IT98K-1105-5, IT97K-284-4, UC-CB46, INIA-41, IT84S-2049, IT69KD-901, Mougne, Sessaque e IT84S-2246, e genótipos com rendimento abaixo da média geral que foram Bambey-21, IT95M-303, UCR-P-24, Sh-50, UC-524B, K VX-61-1, IT98K-1111-1, Apagbaala, UC-CB27, IT-16 e IT85F-3139 (Figura 4.7).

A estabilidade foi diversificada dentro de cada grupo. Apenas três entre os genótipos mais produtivos e seis entre os genótipos menos produtivos exibiram estabilidade. Entre os mais produtivos estiveram os genótipos introduzidos UC-CB46, IT98K-1105-5 e o genótipo libertado INIA-152 enquanto que entre os menos produtivos estiveram os genótipos introduzido UCR-P-24, Sh-50, UC-524B, IT98K-1111-1, UC-CB27 e IT84S-2246. Nenhum dos genótipos libertados com rendimento abaixo da média geral mostrou estabilidade (Figura 4.7).

O método GGE biplot permitiu identificar o genótipo ideal para selecção nos ambientes testados. Esse genótipo foi INIA-152. Kaya *et al.* (2006) e Yan e Tinker (2006), referem que um genótipo é ideal para selecção e recomendação se estiver localizado próximo do círculo concêntrico no biplot. No entanto, referem ainda, que os restantes genótipos são favoráveis para selecção e recomendação na ordem da sua proximidade em relação ao centro do círculo concêntrico se possuírem atributos agronómicos interessantes ao produtor. No presente estudo, embora o genótipo INIA-152 tenha sido identificado como ideal, pode-se propor a libertação dos genótipos IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 dadas as suas características agronómicas e proximidade ao genótipo ideal. No geral, estes genótipos para além de

possuírem elevada produtividade e estabilidade têm semente de tamanho maior (19 à 23g/100 sementes) do que INIA-152. O genótipo UC-CB46, em particular, tem uma semente branca com hilo preto. Estas características agronômicas e decorativas são preferidas pelos camponeses.

Houve correlação entre ambientes avaliados (Figura 4.9). Chimondzo teve correlação positiva forte com Bilene e Ricatla teve correlação positiva forte com Inharrime. Yan e Tinker (2006), referem que ambientes positivamente correlacionados, fornecem informação similar relativamente aos genótipos. A correlação entre os ambientes de gestão do investigador e os de gestão dos camponeses foi moderadamente fraca. Este resultado era de esperar dado que os ambientes foram significativamente diferentes entre si (Tabela 4.2). A habilidade discriminativa de um ambiente é medida em função do comprimento do seu vector ambiental. Desse modo, quanto maior o comprimento do vector ambiental mais discriminativo é o ambiente em relação aos genótipos e vice-versa (Yan e Tinker, 2006). Tendo em conta a figura 4.9, o ambiente Nhacoongo é o mais discriminativo. Isto significa que nesses ambientes os genótipos expressam maior diferenciação genética entre si, o que não acontece em Bilene e Inharrime que são os menos discriminativos.

Dos ambientes testados, Nhacoongo foi o único que esteve localizado próximo do ambiente ideal (Figura 4.10). Yan e Tinker(2006), referem que ambiente localizado próximo do ideal é adequado para seleção de genótipos estáveis por ser simultaneamente discriminativo e representativo. Este resultado sugere que Nhacoongo é um ambiente adequado avaliação e selecção de genótipos de estabilidade.

Os resultados da análise GGE biplot reveram a existência de dois mega-ambientes na região de estudo (figura 4.11). O primeiro mega-ambiente é formado pelos ambientes Chimondzo, Bilene e Ricatla e o segundo, pelos ambientes Inharrime e Nhacoongo. Estes resultados confirmam a correlação entre ambientes e demonstram a possibilidade de estratificação ambiental na região, o que possibilitaria reduzir os custos com a pesquisa.

Diferentemente do método GGE biplot, a medida de superioridade do cultivar, identificou o genótipo IT00K-96 como superior na região, seguido dos genótipos INIA-152 e IT-18. Essa diferença na identificação de genótipos superior deve-se provavelmente a existência de valores extremos como é o caso do genótipo UCR-P-24 que em Ricatla produziu apenas 8

kg.ha⁻¹. Nascimento *et al.* (2010), demonstraram que o método de superioridade do cultivar é influenciado pela presença de valores extremos, resultando em alteração no ordenamento dos genótipos que podem levar a conclusões incorretas.

4.6 Conclusões

As conclusões deste estudo são válidas para os genótipos e ambientes considerados e não devem ser extrapolados para outros genótipos e ambiente diferentes. O objetivo desta pesquisa era de estudar estabilidade de rendimento do grão na cultura de feijão nhemba em diferentes ambientes na região sul de Moçambique. Com base nos resultados conclui-se que:

1. A interação qualitativa (*cross-over*) é um fenómeno presente na região sul de Moçambique e tem influência na variação do rendimento do feijão nhemba.
2. Os genótipos IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 têm elevada produtividade e apresentam estabilidade, portanto estes genótipos podem ser cultivados em todos ambientes de estudo.
3. O ambiente Nhacoongo é adequado para avaliação e selecção de genótipos superiores. Enquanto que, os ambientes Inharrime, Bilene e Ricatla não são adequados para selecção de genótipos superiores.
4. Os métodos GGE biplot e de superioridade do cultivar são discrepantes quanto a identificação de genótipos superiores na presença de pontos extremos. GGE biplot identificou INIA-152, enquanto a medida de superioridade do cultivar identificou IT00K-96.
5. O método GGE biplot é adequado para análise de ensaios multilocais. Permitem melhor visualização e interpretação da interacção através da representação gráfica. Permite também identificar melhores variedades para cada ambiente, ordenar as variedades em função do rendimento e estabilidade, correlação entre ambientes, variedade ideal para selecção e cultivo, ambiente ideal para selecção de genótipos superiores e estratificação ambiental.

4.7 Recomendações

- Recomenda-se que estes ensaios sejam repetidos com os mesmos genótipos nos mesmos locais de modo a verificar a repetibilidade da interação. A repetibilidade permitirá caracterizar melhor a interação entre genótipo e ambiente e por via disso delinear os mega-ambientes.
- No distrito de Bilene, recomenda-se considerar Chissano, Chichango e Messano como ambientes singulares enquanto em Inharrime considerar Dongane e Nhanombe como ambientes separados.
- No entanto, recomenda-se que estes ensaios sejam também repetidos com inclusão de mais ambientes, com vista a alargar o alcance das conclusões reveladas na presente pesquisa.
- Recomenda-se, igualmente, o levantamento e quantificação das pragas e doenças de e tendência de associação simbiótica de modo a reforçar a explicação das causas biológicas imprevisíveis que podem influenciar a estabilidade dos genótipos;
- Incluir nas próximas pesquisas, aspectos relacionados a percepção dos camponeses sobre as melhores variedades para os seus sistemas de cultivo.

Referências

- Amane, M. 2000. Censo agro-pecuario 1999 – 2000 (Draft final). Zonas agro-ecológicas. IIAM, Maputo. 36p.
- Annicchiarico, P. 2002. Genotype × environment interaction: Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper 174. FAO, Rome.
- Asfaw, A., F. Gurum, F. Alemayehu, and Y. Rezene. 2012. Analysis of multi-environment grain yield trials in mung bean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) based on GGE Biplot in southern Ethiopia. *J. Agr. Sci. Tech.* 14: 389–398.
- Baker, R.J. 1988. Tests for crossover genotype x environment interactions. *Can. J. Plant Sci.* 68:405–410.
- Bias, C., M. Freire, J. Mutondo, G. Mlay, F. Mazuze, E. Tostão, M. Amane, T. Chiconela, C. Amilai, C. C. Ecole, M. Falcão, A. Zacarias e C. Cuambe. 2010. Fichas Técnicas de Culturas. 1ed. Maputo: IIAM, UEM. 70 – 78p.
- Chiulele, R.M. 2010. Breeding cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for improved drought tolerance in Mozambique. Tese de Doutorado em melhoramento de plantas. Universidade KwaZulu-Natal, República da África do Sul.
- Crossa, J. 1990. Statistical Analysis of Multi-location trials. *Adv. Agron.*, 44: 55-85.
- Farshadfar, E., R. Mohammadi, M. Aghae, Z. Vaisi .2012. GGE biplot analysis of genotype × environment interaction in wheat-barley disomic addition lines. *Australian Journal of Crop Science.* 6(6):1074-1079.
- Geurts, P.M.H. 1996. Manual para Classificação, Quantificação e Interpretação de Análises Laboratoriais de Solo e Água. INIA, 36. Maputo, Moçambique.

- Hamayoon, R., H. Khan, Shahenshah, L. Naz, I. Munir, M. Arif, I. A. Khalil, and A. Z. Khan. 2011. Performance of chickpea genotypes under two different environmental conditions. *African Journal of Biotechnology* 10(9):1534-1544.
- Hugh, G., Gauch, Jr. 2006. Statistical analysis of trials by AMMI and GGE. *Crop Sci.* 46: 1488–1500.
- INE. 1999. Projeções populacionais. Instituto nacional de estatística, Maputo, Moçambique. Disponível em <http://www.mozdata.gov.mz/censo97/projeccoes/verde/00proj-prov-1997-2010.htm>. Acessado em 10/11/2013.
- INE. 2008. Agricultural. Disponível em <http://www>. Production of crop. Acessado em 20/7/2013.
- INE. 2010. Censo agro-pecuário 2009 – 2010: Resultados definitivos – Moçambique.
- INGC. 2009. Impact of climate change on disaster risk in Mozambique: Main report. 299Pp.
- Jalata, Z., A. Ayana, H. Zeleke. 2011. Variability, heritability and genetic advance for Some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses. *Plant Breed Genet* 5: 44-52
- Kang, M. 2002. Genotype – Environment interaction: Progress and prospects. Pp.221-243. *In* M.S. Kang (Ed). CAB International. Quantitative genetics, genomics and plant breeding
- Kaya, Y., M. Akcura, R. Ayranci, S. Taner. 2006. Pattern analysis of multi-environment trials in bread wheat. *Commun Biometry Crop Sci* 1:63–71
- Matus-Cadiz, M.A., P. Hucl, C.E. Perron, R.T. Tyler. 2003. Genotype x environment interaction for grain color in hard white spring wheat. *Crop Sci* 43: 219-226
- Ministry of Agriculture and Fisheries. 1996. Agroecological Zones and Production Systems. Working Document 2/B, Program of Investment in Agricultural Extension, Process of the Formulation of Proagri. Maputo, Mozambique: Ministry of Agriculture and Fisheries.

- Nascimento, M., A. Ferreira, R. G. Ferrão, A. C. M. Campana, L. L. Bhering, C. D. Cruz, M. A. G. Ferrão e A. F. A. Fonseca. 2010. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. *Pesquisa agropecuária brasileira*. 45(1):41-48
- Romagosa, I., P.N. Fox. 1993. Genotype X environment interaction and adaptation. Pp. 373-390. *In* M.D. Hayward, N.O. Basemark and I. Romagosa, eds. *Plant breeding: principles and prospects*. Chapman and Hall, London.
- Yan, W. 2002. Singular value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. *Agron J* 94: 990-996
- Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng, Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and megaenvironment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci* 40:597-605.
- Yan, W., L.A. Hunt. 2001. Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci* 41: 19-25
- Yan, W., N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can J Plant Sci* 86: 623-645
- Yan, W., P.L. Cornelius, J. Crossa, and L.A. Hunt. 2001. Two Types of GGE Biplots for Analyzing Multi-environment Trial Data. *Crop Sci.*, 41: 656–663.
- Yang, R.C., J. Crossa, P.L. Cornelius, and J. Burgueño. 2009. Biplot Analysis of Genotype x Environment Interaction: Proceed with Caution. *Crop Sci.*, 49: 1564–1576

5.1 Introdução

O feijão nhemba é uma cultura alimentar importante na economia e segurança alimentar da população em Moçambique. No entanto, os rendimentos obtidos são ainda muito baixos comparativamente aos registados noutras partes do mundo, em particular na África subsahariana. Para além de serem baixos, os rendimentos são extremamente inconsistentes duma campanha para outra e de um local para outro como resposta da variabilidade climática e gestão das práticas culturais. Assim, a identificação de genótipos com alta produtividade e com rendimento estável duma campanha para outra e dum local para outro é crucial para assegurar a segurança alimentar em Moçambique. Por isso, o presente estudo foi conduzido para avaliar o desempenho do rendimento e estabilidade de 19 genótipos de feijão nhemba introduzidos em comparação com 5 já libertados com vista a identificar genótipos de alta produtividade de grão e estáveis ao longo das épocas, locais e condições de gestão cultural.

Três objetivos formaram o foco da pesquisa apresentada nesta tese. Que foram:

- ❖ Avaliar o desempenho de 19 genótipos introduzidos em comparação com 5 já libertados em Moçambique;
- ❖ Identificar e caracterizar o tipo de interacção prevalecente na região sul de Moçambique;
- ❖ Avaliar a estabilidade de rendimento do grão de genótipos de feijão nhemba em diferentes ambientes no sul de Moçambique.

5.2 Sumário das principais descobertas

Cada um dos objetivos específicos contribuiu para a concretização do objetivo geral e para a solução do problema de pesquisa. As principais descobertas da pesquisa são apresentadas à seguir.

5.2.1 Avaliações de Desempenho de 24 genótipos de feijão nhemba sob condições marginais e não marginais

Vinte e quatro genótipos de feijão nhemba foram submetidos a ensaios para avaliação de desempenho do rendimento do grão e suas componentes: número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes, em Bilene, Inharrime e Ricatla. O delineamento experimental de blocos incompletos em α -lattice (4 x 6) com quatro repetições e DBCC com três repetições foram utilizados na montagem dos ensaios. O procedimento REML e o teste de DMS no nível de significância de 0.05 foram usados para análise dos dados relativos às variáveis medidas. Todas análises foram feitas através do programa estatístico GenStat 15.0 e os resultados da pesquisa indicaram que:

- Existe grande variabilidade dos genótipos de feijão nhemba em resposta déficit hídrico e ao tipo de gestão. Havendo genótipos introduzidos que são melhores, iguais e piores do que os já libertados.
- Os genótipos introduzidos IT00K-96, IT98K-1105-5, IT97K-284-4, UC-CB46 e IT69KD-901 são potenciais candidatos para libertação na região sul de Moçambique.
- O rendimento do feijão nhemba depende do número de vagens por planta, do número de sementes por vagem e do peso de 100 sementes, mas essas componentes de rendimento nem sempre actuam conjuntamente na formação do rendimento
- A selecção indirecta para o rendimento via componentes de rendimento só pode ser feita para genótipos que apresentam baixa interação com o ambiente.

5.2.3 Estabilidade de Rendimento de grão de Genótipos de Feijão Nhemba em diferentes ambientes no Sul de Moçambique

A estabilidade de rendimento do grão de 24 genótipos de feijão nhemba foi investigado em cinco ambientes na região semi-árida do litoral sul de Moçambique (Bilene, Inharrime e Ricatla) sob condições marginais e não marginais durante a campanha agrícola de 2013/2014. O delineamento de blocos incompletos em α -lattice (4 x 6) com quatro repetições foi utilizado em Nhacoongo, Chimondzo e Ricatla, enquanto que em Nhanombe, Dongane, Chissano, Chichango e Messano foi usado o DBCC com três repetições. A análise de dados foi feita usando o REML, GGE biplot e medida de superioridade do cultivar. Os resultados da pesquisa indicaram que:

- A interação qualitativa (*cross-over*) é um fenómeno presente na região sul de Moçambique e tem bastante influência na variabilidade do rendimento do feijão nhemba.
- Genótipos com potencial para libertação foram identificados. Estes são IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 por terem combinado alta produtividade de grão e estabilidade nos ambientes estudados.
- Nhacoongo é um ambiente de alto rendimento e adequado para identificação de genótipos de alta produtividade, assim como é ideal para selecção de genótipos superiores.

5.3 Implicações das descobertas

A presença da interação significativa entre o genótipo e ambiente implica que a condução de ensaios multi-locais é necessária, na região, para identificação de melhores estratégias de selecção de materiais e ambientes mais adequados para sua avaliação.

O facto dos genótipos IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 apresentarem rendimento alto e alta estabilidade sugere que existe uma alternativa para previsão de rendimento na região semi-árida do litoral sul de Moçambique e que os camponeses podem cultivar estes genótipos sem que tenham prejuízos consideráveis para a produção devido a diversidade edafoclimáticas e práticas de gestão cultural.

5.4 Conclusões e Recomendações

Existe grande variabilidade dos genótipos de feijão nhemba em resposta déficit hídrico e ao tipo de gestão. Havendo genótipos introduzidos que são melhores, iguais e piores do que os já libertados.

A interação qualitativa (*cross-over*) é um fenómeno presente na região sul de Moçambique e tem bastante influência na variabilidade do rendimento do feijão nhemba.

Os genótipos IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5 têm potencial para libertação na região sul de Moçambique.

Nhacoongo é um ambiente de alto rendimento e adequado para identificação de genótipos de alta produtividade, assim como é ideal para selecção de genótipos superiores.

No entanto, recomenda-se que estes ensaios sejam repetidos com inclusão de mais ambientes, com vista a consolidar as conclusões reveladas na presente pesquisa.

Recomenda-se, igualmente, o levantamento e quantificação das pragas e doenças de modo a reforçar a explicação das causas biológicas imprevisíveis que podem influenciar a estabilidade dos genótipos;

Incluir nas próximas pesquisas, aspectos relacionados a percepção dos camponeses sobre os melhores genótipos para os seus sistemas de cultivo.

Anexos

REP I	1	2	3	4	5	6	REP III	1	19	23	20	22	21
	15	14	13	16	17	18		7	8	15	10	11	12
	7	11	9	10	8	12		13	14	21	16	17	18
	21	20	19	23	22	24		19	20	9	22	23	24
REP II	1	8	3	10	24	6	REP IV	1	7	3	4	5	6
	7	20	9	22	11	12		2	8	12	10	11	9
	13	14	15	18	17	16		13	21	15	24	17	18
	19	2	21	4	23	5		19	20	14	22	23	16

Anexo 1. Esquema do field lay-out dos ensaios de completos (com 24 genótipos). Nota: 1-Apagbaala; 2-Bambey-21; 3-INIA-152; 4-INIA-41; 5-INIA-73; 6-IT00K-96; 7-IT-16; 8-IT-18; 9-IT69KD-901; 10-IT84S-2049; 11-IT84S-2246; 12-IT85F-3139; 13-IT95M-303; 14-IT97K-284-4; 15-IT98K-1105-5; 16-IT98K-1111-1; 17-KVX-61-1; 18-MOUGNE; 19-Sessaque; 20-SH-50; 21-UC-524B; 22-UC-CB27; 23-UC-CB46; 24-UCR-P-24

1	2	3	4	5	6	REP I
6	1	2	3	4	5	REP II
5	6	1	2	3	4	REP III

Anexo 2. Esquema do field lay-out dos ensaios *on farm* (com 6 genótipos)

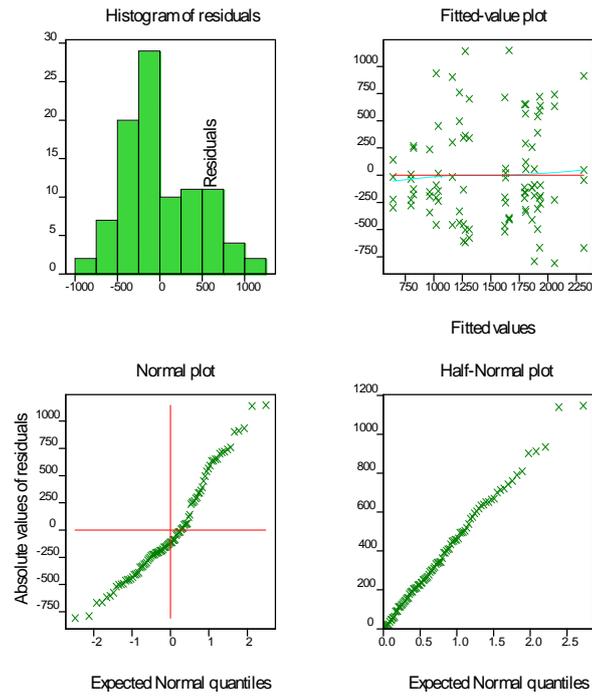
Anexo 3: Condição de precipitação e características físicas e químicas dos solos nas profundidades de 20 e 40 centímetros (cm), nos ensaios durante a condução da pesquisa em 2013

Distrito	Precipitação (mm)							Profundidade (cm)	pH _{H2O(1:2.5)}	pH _{KCl(1:2.5)}	K	N	M.O.	P	Classe Textural
	Jan	Fev	Marc	Abr	Mai	Jun	Julh		[-]	[-]	[meq/100g]	[%]	[%]	[mg/100]	
Nhacoongo								20	5.12	3.99	0.064	0.06	0.55	1.41	Far
Nhacoongo	738	147	151.0	155	74.8	133	330	40	5.05	3.9	0.074	0.08	0.16	0.53	Far
Chimondzo								20	6.59	5.71	0.004	0.03	1.13	0.78	Ar
Chimondzo	105	58.5	108	70.1	10.6	4.1	9.05	40	6.35	5.55	0.004	0.02	0.72	0.38	Ar
Ricatla								20	5.43	4.75	0.004	0.04	0.75	0.49	Ar
Ricatla	99.8	30.2	25	8.4	0	0.4	11.9	40	5.91	4.11	0.004	0.06	0.37	0.669	Ar
Inharrime								20	5.90	4.80	0.00	0.04	0.61	0.51	FAr
Inharrime	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	40	5.75	4.55	0.00	0.05	0.58	0.56	FAr
Bilene								20	5.75	4.55	0.00	0.05	0.58	0.56	Ar
Bilene	288.4	63.9	67.0	75.5	21.9	18.0	35.1	40	5.82	4.50	0.00	0.05	0.53	0.57	Ar

Nota: AF- areia franca, A- areia; sd- sem dados

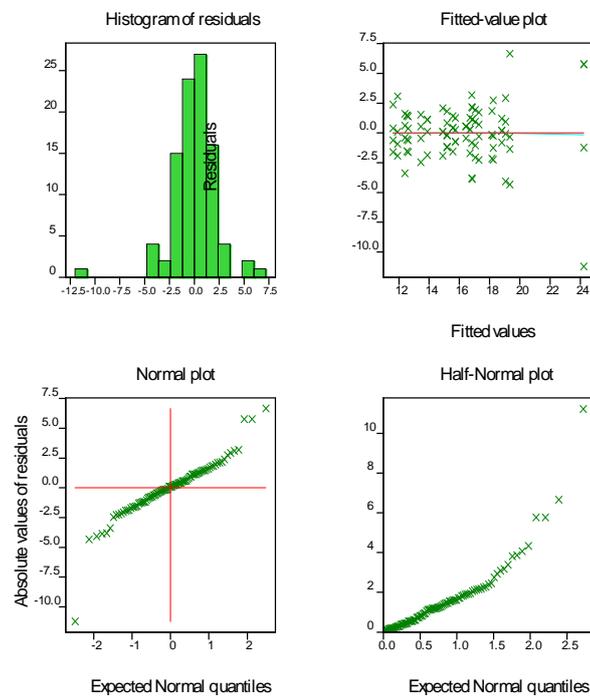
Fontes: INAME (2013), UEM (2013)

RG



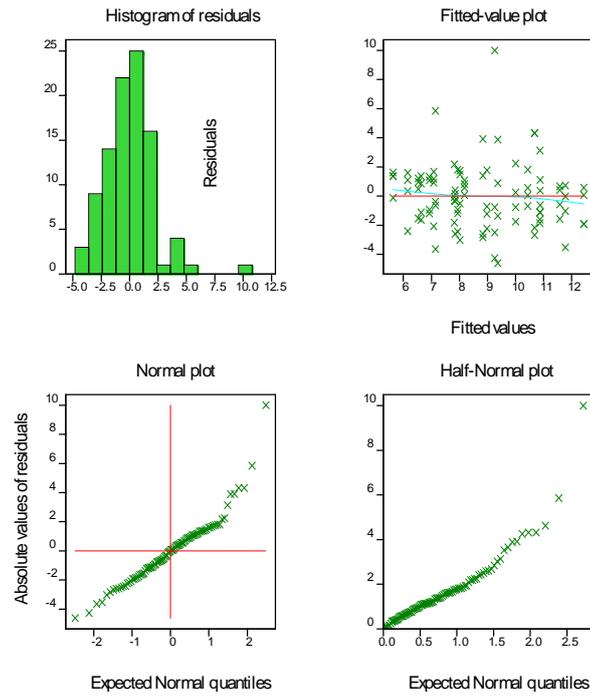
Anexo 6: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em Nhacoongo.

NVP



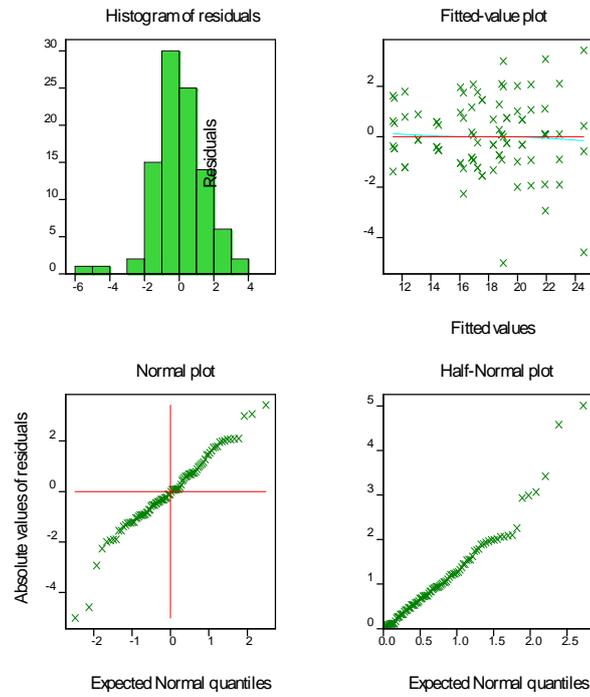
Anexo 7: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de vagens por planta em Nhacoongo.

NSV



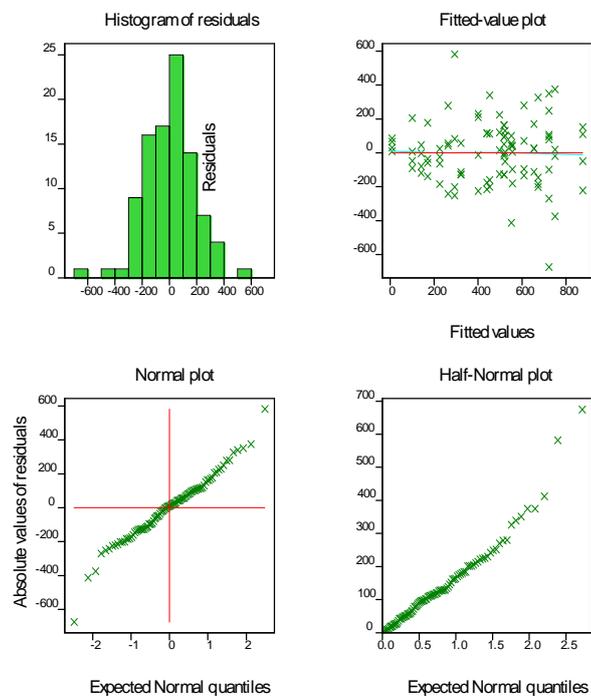
Anexo 8: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de sementes por vagem em Nhacoongo.

PCS



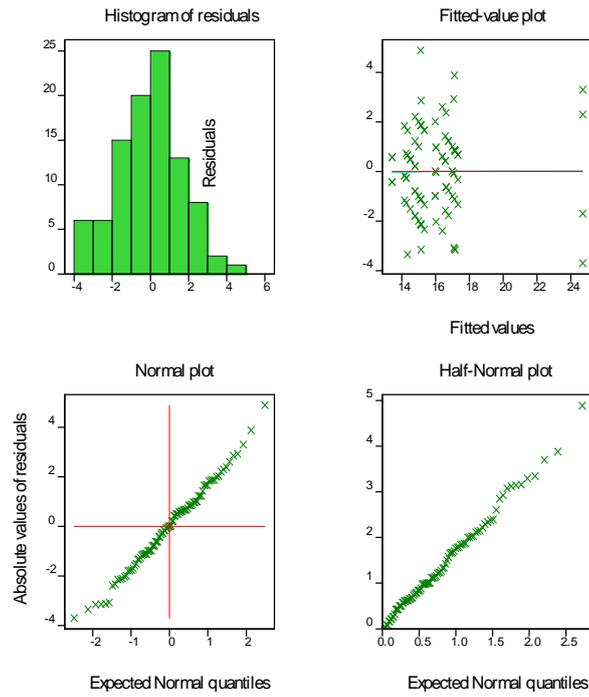
Anexo 9: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o peso de cementes por vagem em Nhacoongo.

RG



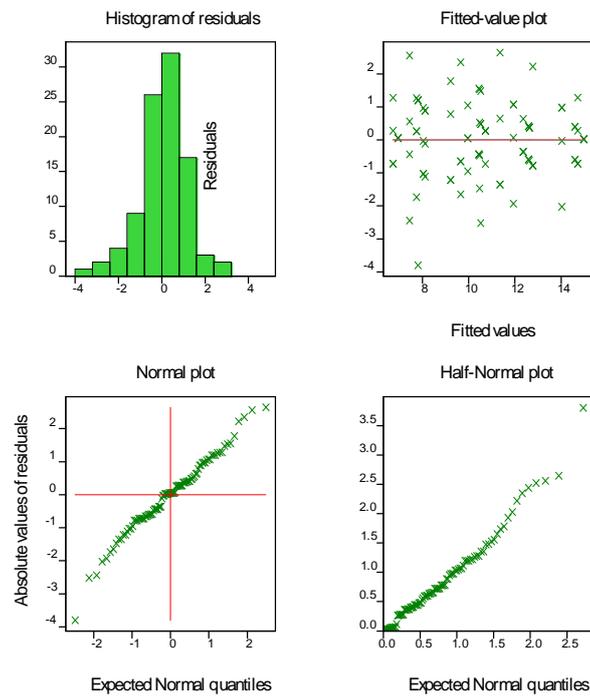
Anexo 10: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em Ricatla.

NVP



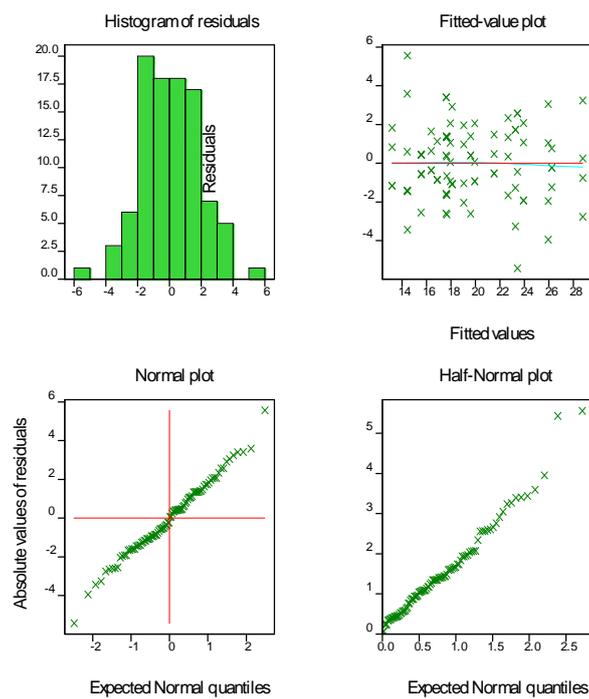
Anexo 11: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de vagens por planta em Ricatla.

NSV



Anexo 12: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o número de sementes por vagens em Ricatla.

PCS



Anexo 13: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o peso de cem sementes em Ricatla.

Anexo 14: REML para o rendimento médio do grão de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatistic F	G.L.d.	F pr
Genótipo	187.13	23	7.78	36	<0.001

Factor aleatório	componente	Erro padrão
Rep	106686	171722
Rep×linha	-4147	4381
Rep×coluna	82593	44569
Rep×linha×coluna	-13203	23523
Deviance (DF)	955.94 (67)	

Anexo 15: REML para o número de vagens por planta de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	122.99	23	5.28	54.9	<0.001

Facto aleatório	componente	Erro padrão
Rep	6.491	aliased
Rep×linha	0.583	0.664
Rep×coluna	0.407	0.595
Rep×linha×coluna	-0.789	1.192

Deviance (DF)	242.42 (68)
---------------	-------------

Anexo 16: REML para o número de sementes por vagens de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	99.94	23	4.08	17.5	0.002

Factor aleatório	componente	Erro padrão
Rep	1.113	1.442
Rep×linha	-0.489	0.265
Rep×coluna	-0.817	0.349
Rep×linha×coluna	1.48	1.332

Deviance (DF)	222.33 (67)
---------------	-------------

Anexo 17: REML para o peso de 100 sementes de 24 genótipos de feijão nhemba em Nhaconngo

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	449.36	23	19.07	48	<0.001

Factor aleatório	componente	Erro padrão
Rep	-0.029	0.074
Rep×linha	0.051	0.176
Rep×coluna	0.078	0.206
Rep×linha×coluna	-0.655	0.584
Deviance (DF)	174.53 (67)	

Anexo 18: REML para o rendimento médio do grão de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	152.96	23	6.54	50.7	<0.001
Factor aleatório	componente	Erro padrão			
Rep	4468	10215			
Rep×linha	-58	1812			
Rep×coluna	13039	7918			
Rep×linha×coluna	-911	5624			
Deviance (DF)	854.52 (67)				

Anexo 19: REML para o número de vagens por planta de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	119.25	23	5.08	52.7	<0.001

Factor aleatório	componente	Erro padrão
Rep	0.095	0.238
Rep×linha	-0.02	0.275
Rep×coluna	-0.15	0.31
Rep×linha×coluna	0.63	0.881
Deviance (DF)	199.19 (67)	

Anexo 20: REML para o número de sementes por vagens de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	402.68	23	17.14	52	<0.001

Factor aleatório	componente	Erro padrão
Rep	0.09	0.196
Rep×linha	0.062	0.135
Rep×coluna	0.027	0.121
Rep×linha×coluna	-0.23	0.323

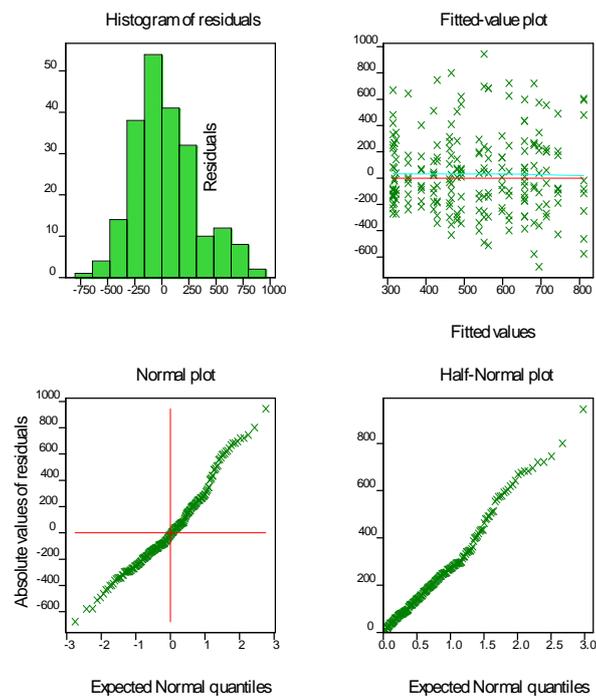
Deviance (DF)	137.57 (67)
---------------	-------------

Anexo 21: REML para o peso de cem sementes de 24 genótipos de feijão nhemba em Ricatla

Factor fixo	Estatística de Wald	G.L.n.	Estatística F	G.L.d.	F pr
Genótipo	428.42	23	17.52	30.4	<0.001

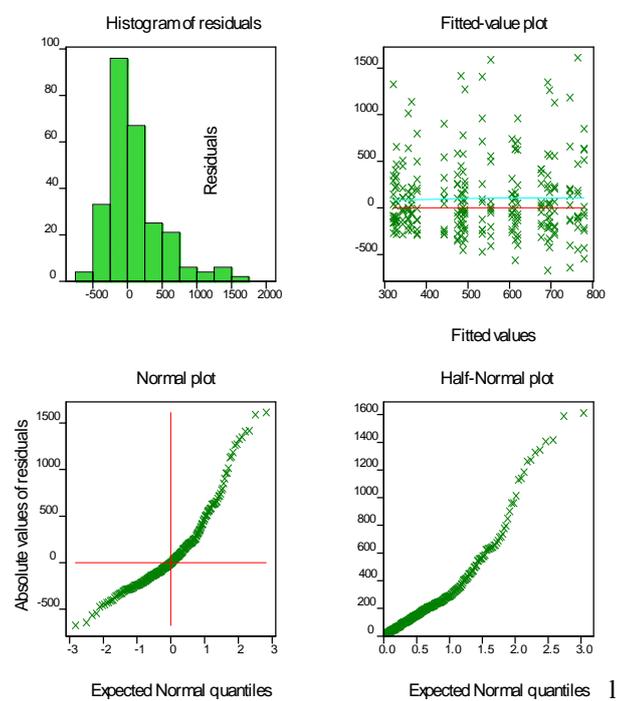
Factor aleatório	componente	Erro padrão
Rep	0.445	0.625
Rep×linha	-0.159	0.246
Rep×coluna	-0.367	0.26
Rep×linha×coluna	-0.038	1
Deviance (DF)	207.85 (67)	

REND



Anexo 22: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em 24 genótipos de feijão nhemba nos ensaios *on-farm*.

REND



Anexo 23: Normalidade da distribuição dos resíduos e homogeneidade das variâncias para o rendimento do grão em 24 genótipos de feijão nhemba no sul de Moçambique.

Anexo 24: Rendimento de grão (RG), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e peso de 100 sementes (P100S) de 24 variedades avaliadas em grupo em Bilene

Grupo	Genótipo	Rend (kg.ha ⁻¹)	NVP	NSV	P100S
					(g)
Grupo-1	UC-CB27	429	13	6	21
	INIA-41	376	10	11	26
	IT-16	362	11	9	16
	IT-18	320	8	8	14
	IT98K-1111-1	287	15	7	21
	UCR-P-24	266	9	6	21
	Média	340	11	8	20
	DMS (0.05)	ns	ns	3	3
	CV (%)	31	43	19	8
Grupo-2	UC-CB46	727	9	9	23
	IT85F-3139	646	7	9	27
	IT95M-303	468	11	9	20
	INIA-73	466	6	10	20
	BAMBEY-21	315	7	6	26
	KVX-61-1	291	8	6	18
	Média	485	8	8	22
	DMS (0.05)	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	44	24	24	22
Grupo-3	IT84S-2049	741	11	10	18
	IT97K-284-4	740	10	11	19
	IT69KD-901	708	11	11	18
	SH-50	635	10	8	23
	IT00K-96	630	11	11	20
	UC-524B	335	7	7	23
	Média	631	10	10	20
	DMS (0.05)	ns	ns	3	ns
	CV (%)	35	18	15	13
Grupo-4	MOUGNE	645	10	10	18
	IT84S-2246	634	9	10	19
	INIA-152	631	11	11	12
	IT98K-1105-5	625	8	13	15
	SESSAQUE	522	9	7	14
	APAGBAALA	431	10	7	17
	Média	581	10	10	16
	DMS (0.05)	ns	ns	4	ns
	CV (%)	35	21	21	16

Nota: DMS- diferença mínima significativa, CV- coeficiente de variação expresso em percentagem

Anexo 27: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo - 1 em Macia

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend
Test statistic W:	0.9816
Probability:	0.965

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 2.88 on 5 degrees of freedom: probability 0.718

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nvp
Test statistic W:	0.9559
Probability:	0.526

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 8.57 on 5 degrees of freedom: probability 0.127

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nsv
Test statistic W:	0.9289
Probability:	0.185

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 10.94 on 5 degrees of freedom: probability 0.053

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_p100
Test statistic W:	0.9505
Probability:	0.432

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 4.94 on 5 degrees of freedom: probability 0.423

Anexo 28: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo – 2 em Macia

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend
Test statistic W:	0.9709
Probability:	0.815

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 6.87 on 5 degrees of freedom: probability 0.230

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nvp
Test statistic W:	0.9256
Probability:	0.162

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 6.90 on 5 degrees of freedom: probability 0.228

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nsv
Test statistic W:	0.9468
Probability:	0.377

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 3.07 on 5 degrees of freedom: probability 0.689

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_p100
Test statistic W:	0.9533
Probability:	0.479

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 1.84 on 5 degrees of freedom: probability 0.870

Anexo 29: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo – 3 em Macia

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend
Test statistic W:	0.9084
Probability:	0.081

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 4.65 on 5 degrees of freedom: probability 0.460

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nvp
Test statistic W:	0.9827
Probability:	0.974

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 3.61 on 5 degrees of freedom: probability 0.606

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nsv
Test statistic W:	0.9704
Probability:	0.805

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 3.48 on 5 degrees of freedom: probability 0.627

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_p100
Test statistic W:	0.9696
Probability:	0.79

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 7.44 on 5 degrees of freedom: probability 0.190

Anexo 30: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para o Grupo – 4 em Macia

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend
Test statistic W:	0.9347
Probability:	0.235

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 9.38 on 5 degrees of freedom: probability 0.095

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nvp
Test statistic W:	0.9777
Probability:	0.923

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 6.83 on 5 degrees of freedom: probability 0.234

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_nsv
Test statistic W:	0.9059
Probability:	0.073

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 9.06 on 5 degrees of freedom: probability 0.107

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_p100
Test statistic W:	0.784
Probability:	<0.001

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 17.88 on 5 degrees of freedom: probability 0.003

Anexo 31: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 1 Inharrime

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend1
Test statistic W:	0.9564
Probability:	0.25

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 3.53 on 5 degrees of freedom: probability 0.619

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	res_nvp1
Test statistic W:	0.972
Probability:	0.596

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 6.10 on 5 degrees of freedom: probability 0.296

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	res_nsv1
Test statistic W:	0.9411
Probability:	0.097

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 0.59 on 5 degrees of freedom: probability 0.988

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residp100s1
Test statistic W:	0.9596
Probability:	0.303

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 2.81 on 5 degrees of freedom: probability 0.729

Anexo 32: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 2 Inharrime

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend2
Test statistic W:	0.9696
Probability:	0.528

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 9.64 on 5 degrees of freedom: probability 0.086

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	res_nvp2
Test statistic W:	0.972
Probability:	0.596

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 5.27 on 5 degrees of freedom: probability 0.384

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	res_nsv2
Test statistic W:	0.9411
Probability:	0.097

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 10.62 on 5 degrees of freedom: probability 0.059

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_p1002
Test statistic W:	0.9695
Probability:	0.78

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 7.45 on 5 degrees of freedom: probability 0.189

Anexo 33: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 3 Inharrime

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend3
Test statistic W:	0.9712
Probability:	0.573

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 10.40 on 5 degrees of freedom: probability 0.065

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residnvp3
Test statistic W:	0.9902
Probability:	0.992

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 4.28 on 5 degrees of freedom: probability 0.511

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residnvs3
Test statistic W:	0.9543
Probability:	0.22

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 3.00 on 5 degrees of freedom: probability 0.700

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residp1003
Test statistic W:	0.9763
Probability:	0.72

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 3.60 on 5 degrees of freedom: probability 0.608

Anexo 34: Teste de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias para Grupo – 4 Inharrime

Rendimento do grão

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	resid_rend4
Test statistic W:	0.9815
Probability:	0.964

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 2.89 on 5 degrees of freedom: probability 0.717

Número de vagens por planta

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residnvp4
Test statistic W:	0.9624
Probability:	0.356

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 1.84 on 5 degrees of freedom: probability 0.870

Número de sementes por vagem

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residnvs4
Test statistic W:	0.9544
Probability:	0.221

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 0.95 on 5 degrees of freedom: probability 0.967

Peso de 100 sementes

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate:	residp100s4
Test statistic W:	0.9672
Probability:	0.465

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 13.74 on 5 degrees of freedom: probability 0.017

