

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO-VAGEM EM ENSAIOS DE
VCU E DHE VIA ANÁLISE GGE *BILOT*, EM ALEGRE-ES

ISRAEL MARTINS PEREIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JULHO – 2023

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO-VAGEM EM ENSAIOS DE
VCU E DHE VIA ANÁLISE GGE *BILOT*, EM ALEGRE-ES

ISRAEL MARTINS PEREIRA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Geraldo de Amaral Gravina

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JULHO – 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

P436 Pereira, Israel Martins.

 AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO-VAGEM EM ENSAIOS DE VCU E DHE VIA ANÁLISE
 GGE BIPLLOT, EM ALEGRE-ES / Israel Martins Pereira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

 67 f.
 Inclui bibliografia.

 Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense
 Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.
 Orientador: Geraldo de Amaral Gravina.

 1. Interação GxA. 2. Genótipos. 3. Hábito de crescimento. I. Universidade Estadual do
 Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO-VAGEM EM ENSAIOS DE VCU E DHE VIA ANÁLISE GGE *BI*PLOT, EM ALEGRE-ES

ISRAEL MARTINS PEREIRA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovada em 07 de Julho de 2023

Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente

ROGERIO FIGUEIREDO DAHER

Data: 01/08/2024 16:36:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Documento assinado digitalmente



DERIVALDO PUREZA DA CRUZ

Data: 01/08/2024 09:07:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pós - doc. Derivaldo Pureza da Cruz (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) –

Documento assinado digitalmente



LILIA MARQUES GRAVINA

Data: 01/08/2024 13:04:55-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pós - doc. Lília Marques Gravina (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Documento assinado digitalmente



WALLACE LUIS DE LIMA

Data: 08/08/2024 11:41:43-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Wallace Luís de Lima (D.Sc., Agronomia) – IFES
(Coorientador)

Documento assinado digitalmente



GERALDO DE AMARAL GRAVINA

Data: 01/08/2024 11:07:10-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF
(Orientador)

Dedico...

Às pessoas que mais amo nesta vida, Samyra minha esposa, meu filho Gabriel, meus pais Joana Darc Martins e Ronald Rodrigues Pereira, meus irmãos Ronald Jr, Luana e Julia, minha sobrinha Manoela e minhas gatinhas Maria Alice e Maria Clara (minhas meninas). Vocês me fazem querer ser melhor a cada dia e conquistar objetivos.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pela força e amparo ao longo da minha vida e caminhada até aqui;

A minha crush e esposa Samyra pelo apoio em toda a trajetória do doutorado e da vida até aqui. Agradeço por me dar um filho lindo e amoroso Gabriel. Receba meus sinceros agradecimentos!

Aos meus pais Joana Darc Martins e Ronald Rodrigues Pereira pela educação, responsabilidade, discernimento, humildade e religiosidade me mostrando o caminho certo a percorrer até atingir o sucesso. Por me tornar uma pessoa espelho e semelhante a eles. Então, meu muito obrigado por tê-los em minha vida. GRATIDÃO!

Aos meus irmãos Ronald Martins Pereira Junior, Luana Aparecida Martins Pereira e Julia Rodrigues pelo incentivo, apoio, irmandade, união, fé depositada em mim. Orgulho-me muito de tê-los como irmãos e amigos. Recebam meus sinceros agradecimentos!

Ao meu orientador professor Geraldo de Amaral Gravina, pela amizade, ensinamentos, companheirismo, paciência, ajuda e orientação até aqui. Obrigado por tudo!

Ao meu coorientador professor Wallace Luís de Lima pela ajuda no IFES – Campus de Alegre, pela amizade, orientações e companheirismo;

Aos meus amigos Vanusa, Mirelli e em especial o Mário Pechara e pela participação nesta pesquisa por dois anos e pelo companheirismo. Valeu, meu querido!

A minha sogra Aurea Lucia pela amizade, ajuda na avaliação dos feijões, ensinamentos, momentos de diversões e todo seu carinho comigo desde o primeiro dia que a conheci. Obrigado!

Aos amigos e companheiros de pesquisa no IFES-Campus de Alegre Rodrigo, Victória. Muito obrigado por tudo. Pela amizade, companheirismo, ajuda na pesquisa, pois sem vocês não teria conseguido concluir e desenvolver;

Aos amigos do Setor de Olericultura do IFES- Campus de Alegre Diego, Senhor Dailton obrigado pela amizade, companheirismo e ensinamentos durante a pesquisa a campo. Obrigado por tudo!

Aos amigos adquiridos no decorrer do mestrado e doutorado na UENF Julio Cesar Gradice Saluci, Rafael Almeida Cabral, Juliana Ventura, Geovana, Ramon, Camila e Tâmara. Principalmente Derivaldo pela ajuda nas análises estatísticas, elaboração da tese final, pela paciência, apoio e amizade. Muito grato por ter vocês vinculados à minha pesquisa!

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, a diretora Valdete, funcionários do Campus pelo preparo da área experimental da instituição;

Aos professores que ministraram aulas no decorrer do curso e todas as pessoas que fizeram parte da minha trajetória até aqui de forma direta ou indireta, meu muito obrigado!

Aos professores e membros da banca de defesa da tese. Obrigado pelas contribuições na pesquisa.

Ao órgão fiador da pesquisa e concessão da bolsa de estudos: Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

SUMÁRIO

SUMÁRIO	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Origem do feijão-vagem e aspectos botânicos (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	4
2.2 Fatores que influenciam o desenvolvimento do feijão-vagem	5
2.3 Teste DHE e proteção de cultivares	7
2.4 Adaptabilidade e estabilidade	9
2.5 Modelo GGE <i>biplot</i>	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Material genético	11
3.2. Local do experimento	12
3.3. Condução experimental e delineamento	13
3.4. Características avaliadas	14
3.5. Análises estatísticas	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Descritores qualitativos do DHE	21
4.2. Análise de variância e teste médias	29
4.3. GGE <i>biplot</i>	37
5. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

RESUMO

PEREIRA, Israel Martins; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; julho de 2023; Avaliação de linhagens de feijão-vagem em ensaios de VCU e DHE via análise GGE *biplot*, em Alegre-ES; Orientador: D.Sc. Geraldo de Amaral Gravina; Coorientador: D.Sc. Wallace Luís de Lima.

O gênero *Phaseolus* têm diversas espécies, mas no mundo apenas cinco espécies são cultivadas e tem importância econômica. No Brasil a vagem está entre as dez hortaliças mais consumidas *in natura*, fresca, conservada e entre outros. Os programas de melhoramento possuem um papel importante no quesito de introdução de cultivares, começando pelos genótipos divergentes e que resulta na obtenção de linhagens promissoras. Sendo assim, os ensaios têm a função de testar as linhagens quanto ao seu ciclo produtivo, no qual os testes aplicados serão capazes de explicar se os materiais vegetais são estáveis e adaptáveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-vagem, via GGE *biplot* em ensaio de DHE e VCU, com recomendação para produção no estado do Espírito Santo. A pesquisa foi realizada no IFES – Campus Alegre, situado no distrito Rive, com cultivo nos anos de 2018, 2019 e 2021. O delineamento aplicado foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo utilizadas dez linhagens e três cultivares comerciais como testemunhas de feijão-vagem de crescimento indeterminado. Cada parcela foi composta por uma fileira com 12 plantas, dispostas no espaçamento de 1,00 m x 0,50 m, onde foram avaliadas as três plantas centrais. As avaliações foram de acordo com o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro. Os dados foram submetidos à análise de variância e logo em seguida análise de estabilidade e adaptabilidade via método GGE *biplot* para produção de vagem. Foram observados efeitos significativos entre os genótipos estudados, além da interação G x A, o que comprovou respostas diferenciadas dos genótipos nos ambientes testados. Destaques para as linhagens L5, L9, L12, L18 e L21 foram as mais estáveis, logo podem ser indicadas para a região do município de Alegre, ES.

ABSTRACT

PEREIRA, Israel Martins; D.Sc.; Nort Fluminense State University Darcy Ribeiro, July 2023; Evaluation of bean pod strains in VCU and DHE assays via GGE *biplot* analysis, in Alegre-ES; Advisor: D.Sc. Geraldo de Amaral Gravina; Co-supervisor: D.Sc. Wallace Luís de Lima.

The genus *Phaseolus* has several species, but in the world only five species are cultivated and have economic importance. In Brazil the pod is among the ten most consumed vegetables in natura, fresh, preserved and among others. Breeding programs play an important role in the introduction of cultivars, starting with divergent genotypes and resulting in the achievement of promising strains. Thus, the tests have the function of testing the strains as to their productive cycle, in which the applied tests will be able to explain whether the plant materials are stable and adaptable. Thus, the objective of this work was to study the adaptability and productive stability of bean genotypes, via GGE biplot in DHE and VCU assay, with recommendation for production in the state of Espírito Santo. The research was conducted at IFES – Campus Alegre, located in the Rive district, with cultivation in the years 2018, 2019 and 2021. The experimental design was in randomized blocks with four replications, using ten strains and three commercial cultivars as controls of beans of indeterminate growth. Each plot was composed of a row with 12 plants, arranged in the spacing of 1.00 m x 0.50 m, where the three central plants were evaluated. The evaluations were according to the development cycle of the bean. The data were submitted to analysis of variance and then stability and adaptability analysis via GGE biplot method for pod production. Significant effects were observed among the genotypes studied, in addition to the interaction $G \times A$, which proved differentiated responses of the genotypes in the environments tested. Highlights for the L5, L9, L12, L18 and L21 strains were the most stable, so they can be indicated for the region of the municipality of Alegre, ES.

1. INTRODUÇÃO

As plantas da espécie *Phaseolus vulgaris* L. são autógamas que realizam a autofecundação e é uma espécie diploide, apresentando 22 cromossomos. Sendo assim, no gênero *phaseolus* existem tipos selvagens onde apenas cinco são conhecidas por serem as mais cultivadas: *Phaseolus acutifolius* (feijão tepário), *Phaseolus coccineus* L. (feijão escarlata), *Phaseolus lunatus* L. (feijão-de-lima), *Phaseolus polyanthus* (feijão de um ano) e *Phaseolus vulgaris* L. (feijão-comum) (Debouck, 1991; Gepts & Debouck, 1991).

O feijão-vagem (*P. vulgaris*) em dados de consumo, ocupa o décimo lugar entre as hortaliças mais consumidas frescas no território nacional, segundo dados de pesquisa o total produzido foi de 21 mil toneladas (FAO, 2019). Já em escala mundial na safra de 2017 foi de 24,2 milhões de toneladas produzidas em 1,6 milhão de hectares (FAOSTAT, 2018). Além disso, seu consumo imaturo, verde, fresca que apresenta valor nutritivo podem ser encontrados em sua composição cálcio, ferro, fósforo, vitaminas A e as do complexo B e carboidratos (Venzon et al., 2007; Filgueira, 2013; Borém et al., 2015). De acordo com Peixoto & Cardoso (2016), as vagens do feijão - vagem aparentemente são iguais às do feijão comum, porém se diferem pelo tamanho que, normalmente, são maiores e apresentam baixos teores de fibras por serem consumidas imaturas, macias e suculentas.

A produção de feijão-vagem no estado do Espírito Santo tende a crescer de acordo com a demanda de alimento no estado, porém existe uma carência dos órgãos governamentais de incentivo e investimento aos produtores rurais que são, basicamente, os responsáveis pela economia do Estado, a forma de ajuda seria a introdução de cultivares melhoradas e tolerantes a diversos fatores bióticos e abióticos através de parcerias com as Universidades e órgãos de pesquisa. No Espírito Santo o quantitativo produzido, geral, para hortaliças considerando produtos levados ao mercado no ano de 2017, foram comercializados mais de 254 mil toneladas, sem contar os que são produzidos nas comunidades e ficam comercializados entre a

população local (INCAPER, 2017). Em virtude disso, no mesmo ano a produção de vagem em terras Capixabas foi de 1,6 Mil toneladas produzidas em 109 hectares. Assim sendo, o município de Alegre contribuiu diretamente com o setor agropecuário em cerca de 7,82% no ano recorrente (INCAPER, 2017). O estado do Espírito Santo possui um potencial de produção para diversas culturas, por conter condições climáticas favoráveis, mas algumas culturas apresentam baixas produtividades.

A caracterização da morfologia do feijão-vagem é classificada em constantes e variáveis. Este constante refere-se à taxonomia das espécies ou cultivares estudadas, enquanto as variáveis são referentes aos dados coletados nos genótipos que são influenciados pelo ambiente (Allard, 1960; Granval de Millan, 1990).

A forma de classificação dos caracteres morfológicos é realizada por meio dos formulários de descritores genéticos mínimos posposto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As cultivares desenvolvidas pelos programas de melhoramento tendem a beneficiar não só os produtores, mas também os consumidores. Para isso é necessário que haja registro das sementes ou mudas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) bem como é possível realizar a proteção do material genético no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do MAPA garantindo os direitos dos obtentores dado direito a *Royalties* quando comercializado (BRASIL, 2016). Quando o obtentor solicita o pedido de proteção, é necessário que tenha feito o ensaio de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE), seguindo rigorosamente os critérios descritos no formulário de descritores mínimos publicados pelo SNPC (Jesus et al., 2015; Jesus et al., 2016; BRASIL, 2015).

A maioria das regiões do Brasil possuem boa adaptação para as espécies (*Phaseolus vulgaris* L.), entretanto, seu potencial produtivo pode ser influenciado pelos fatores climáticos da região local, podendo apresentar produções significativas ao variar o local de plantio (Pereira et al., 2009; Pereira et al., 2009a; Domingues et al., 2013; Corrêa et al., 2016) podendo ser muito o pouco produtivo. Borém e Miranda, (2009); Bertoldo et al. (2009), explicam que esta variação é dada pela interação genótipo X ambiente, sendo que irá dificultar o programa de melhoramento em selecionar cultivares, portanto estuda-se a estabilidade.

Para Silva & Benin (2012) na adaptabilidade e estabilidade, existem diversas teorias, conceito e procedimentos biométricos de estimação que as diferem. Uma das metodologias são as análises AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction), que consistem em combinar técnicas estatísticas sobre os dados

coletados para ajustar os efeitos principais genótipos e ambientes (Mandel, 1971; Zobel et al., 1988), cujo modelo é baseado em efeitos principais aditivos e interação multiplicativa; além disso o modelo GGE *biplot* (genotype main effects + genotype environment interaction), é utilizada para avaliar o efeito principal de genótipo mais a interação genótipo e ambiente. Para tanto, ambos métodos e análises são fundamentadas em gráficos *biplot* que representam graficamente uma matriz de dados (YAN et al., 2000). Outro método de análise utilizado e eficaz na seleção de genótipos superiores é o GT *biplot*, pois seu objetivo é fundamentado em análises multivariadas com intuito de elencar genótipos superiores às variáveis desejadas (Mohammadi & Amri 2013).

Mediante as justificativas, o objetivo deste trabalho foi estudar as linhagens e cultivares de feijão-vagem, em ensaio de DHE com o uso da metodologia GGE *biplot* na identificação de genótipos superiores quanto a adaptabilidade e estabilidade produtiva, a fim de selecionar genótipos superiores para o município de Alegre, situado na região sul do Espírito Santo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem do feijão-vagem e aspectos botânicos (*Phaseolus vulgaris* L.)

A origem do *Phaseolus vulgaris* remonta há mais ou menos 7000 anos (Kaplan et al., 1973; Kaplan, 1981). Apesar de ser da mesma família do feijão comum pode encontrar produção nas regiões tropicais e subtropicais (Alghamdi, 2007). Outro autor como Silbernagel, (1996) relatou que o feijão-vagem possui o mesmo centro de origem e domesticação do feijão comum, o fato é explicado por ambos possuírem o mesmo nome científico e automaticamente a mesma espécie e gênero, mas as diferenças são apenas nas características e qualidade das vagens.

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), é uma espécie autógama, a mesma do feijão comum, dicotiledônea, diploide, há relatos de dois centros de origem, a Mesoamérica (México e América Central) e a região Andina (Kaplan 1981). Já a família Fabaceae possui 650 gêneros, no qual apresenta um conjunto de 18.000 espécies sendo distribuída nas subfamílias Caesalpinioideae, Faboideae e Mimosoideae (Polhill et al., 1981). Para Debouck (1991), a origem e o centro de diversidade do gênero *Phaseolus* ocorreu principalmente nas Américas.

Há relatos que as cultivares mais comercializadas no Brasil de feijão-vagem são aquelas formadas por três grupos quanto a suas características morfológicas das vagens em seção circular se classificam em: macarrão, macarrão rasteiro e manteiga. Segundo autores estas cultivares apresentam variações quanto ao comprimento e espessura das vagens apresenta de 15 a 18 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro (Peixoto et al., 2002; Filgueira, 2013). Além disso, as vagens podem apresentar variadas cores podendo ser desde o verde-escuro ou claro, amarelo e púrpura (Filgueira, 2013).

O feijão-vagem tem dois tipos de crescimento sendo hábito determinado e indeterminado. Porém, as cultivares arbustivas de hábito determinado ganham uma atenção maior dos agricultores de grande porte e/ou grande produtor. Este fato é

devido a forma de realizar os tratos culturais, possibilitando o plantio em grandes áreas irrigadas, sem contar que, especificamente, não há necessidade de tutorar e possuem um ciclo fisiológico mais curto.

Na grande maioria os pequenos produtores utilizam as cultivares de crescimento indeterminado, possibilitando-os mais de uma colheita e por possuir um ciclo de até 120 dias, no entanto as de hábito determinado levam até 80 dias para a colheita (Peixoto & Cardoso, 2016). Nas cultivares de crescimento indeterminado as colheitas iniciam-se aos 60-70 dias após a sementeira e são frequentes (até três vezes por semana) prolongando-se por 30 dias ou mais. As vagens que apresentam maior volume de comercialização são as do grupo macarrão (Filgueira, 2008).

2.2 Fatores que influenciam o desenvolvimento do feijão-vagem

Diversos trabalhos relatam que devido às mudanças climáticas as altas temperaturas afetam a produtividade das culturas, limitando-as e tornando mais severas. Este aumento afeta diretamente as adaptações fenotípicas resultando no baixo volume de raízes, acelerando a mineralização da matéria orgânica dos solos e conseqüentemente deixando o estresse hídrico mais agudo. O feijão é cultivado amplamente em diversas regiões com temperaturas variando de 14 a 35°C, sendo que as temperaturas atingindo 30°C durante o dia e 20°C no período da noite, podem resultar na diminuição do rendimento (Rainey & Griffiths 2003; Porch 2007).

Da mesma forma que o feijão comum, o feijão-vagem é uma cultura que tem uma boa adaptação em climas quentes e amenos, entre as temperaturas de 18°C a 30°C. Em temperaturas superiores a 35°C, há queda de flores e deficiência de polinização, resultando em vagens deformadas e ocasionando queda da produtividade. Temperaturas abaixo de 15°C retardam o bom desenvolvimento das plantas, além de ser um fator limitante à cultura, por promover maior incidência de ferrugem (Peixoto et al., 2002). Quanto ao efeito de fotoperíodo, o feijão-vagem responde indiferente, podendo produzir em dias longos ou curtos (Filgueira, 2008).

A temperatura do solo é um dos fatores que pode afetar a germinação e a emergência das plântulas após o semeio, podendo ser o fator chave para a garantia de sucesso, tendo em vista que na maioria das vezes o produtor não tem total controle sobre ela. Temperaturas muito baixas e/ou muito altas podem alterar a velocidade e a porcentagem de germinação. Em condições extremas de temperatura, a germinação

poderá não ocorrer, e, em alguns casos, a semente é levada à condição de dormência (Nascimento, 2012).

O feijoeiro necessita de 300 a 500 mm de água para produção máxima em um genótipo que apresente ciclo de 60 a 120 dias, esta demanda pode variar de acordo com o ambiente e a nutrição do solo e da planta (White et al., 1995; Allen et al., 1998). Portanto, a planta pode-se adaptar ao estresse hídrico através de seus mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (Rao 2001; Hall 2004), controle estomático e remobilização fotossintética melhorada sob estresse (Rao et al. 2007, 2009; Beebe et al., 2008).

Na fase de floração, a redução na produtividade sob estresse hídrico resulta na baixa porcentagem de vingamento das flores, causando abortamento de óvulos (Guimarães, 1998). Alguns autores como Ciat (2007, 2008) e Beebe et al. (2010), explicam que ao mensurar a condutância estomática e variação de temperaturas no dossel das plantas em genótipos que possuem enraizamento mais profundo, acessam mais fácil a água no subsolo, mas quando há particionamento das raízes isso pode interferir na baixa produção de grãos.

Beebe et al. (2011) afirmam que os impactos causados por estresse bióticos e abióticos na cultura do feijoeiro são uma ordem de fatores que agem em conjunto com o ambiente local, assim sendo são eles: características da textura do solo, teor de matéria orgânica, porosidade do solo na infiltração de água, a capacidade de retenção de água no solo e a capacidade das raízes de adquirir umidade e nutrientes.

Tirando esses fatores adversos que possam reduzir e inviabilizar a produção do feijão, vários autores ressaltam a importância dos outros fatores para o máximo de produção. Logo, para se obter sucesso na produção e aumento da produtividade, o feijão-vagem demanda por solos de textura média, não compactados, profundos, férteis, ricos em matéria orgânica, com boa drenagem, no geral são os solos argilosos (Oliveira Júnior, 2014).

Néri et al. (2020), testando os sistemas de cultivo orgânico e convencional, observaram que para a produção de grão em feijão-vagem o sistema orgânico mostrou-se mais viável e promissor com produtividade média de 1.494 a 2.777 kg ha⁻¹. Entretanto, Gomes et al. (2016), trabalharam com linhagens de crescimento indeterminado promissoras de alta produtividade no qual as linhagens em estudos apresentaram produtividade variando de 10.672 a 12.483 kg ha⁻¹ de vagem, superando as demais testemunhas “Macarrão Bragança” e “Manteiga”, mostrando um

melhor rendimento produtivo, além de produtivas, elas apresentaram excelente qualidade de vagens com coloração roxa.

Em pesquisa com feijão-vagem de crescimento determinado, Peixoto et al. (2012) encontraram produtividade média no sistema de produção convencional variando de 5.677 a 10.854 kg ha⁻¹ de vagem. Yuan et al. (2017), notaram a importância do nutriente nitrogênio para a cultura do feijão-vagem, observaram que a resposta foi significativa nas plantas apresentando maior área foliar e um bom rendimento de vagens frescas e secas. O uso da calagem quando necessário, se faz de extrema importância para a cultura. Ela atuará nos solos mais ácidos corrigindo a acidez e assim fornecendo ao solo cálcio e magnésio (Filgueira, 2012).

2.3 Teste DHE e proteção de cultivares

Os testes de DHE são necessários para a comprovação das características na ocasião de proteção de cultivares e são realizados pelos melhoristas em estações experimentais (Aviani et al., 2008). Segundo os mesmos autores os genótipos possuem metodologias próprias para cada espécie e são encontradas facilmente no MAPA, para isso o examinador precisa ter conhecimento da espécie. Os testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) tem como objetivo principal comprovar que a cultivar é distinguível de outra, homogênea e estável quanto as suas características em cada ciclo reprodutivo, porém, estes testes são indispensáveis para a permissão do Certificado de Proteção da Cultivar. Após ser certificado com a proteção, a finalidade do registro da proteção é resguardar o conhecimento científico, permitindo às pessoas físicas e instituições que fazem melhoramento de plantas a cobrança de *royalties* sobre as novas variedades comercializadas.

Para Aviani (2011) as cultivares apenas serão distinguíveis quando forem comparadas entre elas por meio do conjunto de características definidas pelo órgão de proteção e divulgadas no Diário Oficial da União (D.O.U), ou seja, os descritores morfológicos mínimos da espécie. Os conceitos de DHE são definidos pela Lei nº 9.456/97 (BRASIL, 1997) no art. 3º, incisos VI, VII e VIII. No qual a distinguibilidade e dada genótipos da mesma espécie ser distinguível, a homogeneidade é definida pela verificação, observação da cultivar ou linhagem candidata à proteção, possui características semelhantes e ou pouca variação durante o total ciclo da cultura de

interesse. A estabilidade é a cultivar que mantém as mesmas características, em relação aos descritores, ao longo de gerações.

No formulário de descritores genéticos é possível encontrar as características qualitativas (QL) tendo em vista que elas sejam autoexplicativas, características pseudoqualitativas (PQ) significativas, aquelas que a expressão varia em mais de uma dimensão, entretanto, a amplitude da expressão é parcialmente contínua e características quantitativas (QN) são aquelas que expressam toda a amplitude de variação, de um extremo ao outro (Machado, 2011).

É necessário um responsável técnico no Brasil pelo teste DHE o qual precisa ser um profissional qualificado, engenheiro florestal ou engenheiro agrônomo, obrigatoriamente que resida no Brasil e possua registro no Conselho de Classe, pois responderá que os testes DHE foram realizados dentro do rigor técnico e científico, ou seja, existe uma autoridade responsável por analisar e garantir o direito de proteção de cultivares no Brasil é o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) (Brasil, 2015).

No Brasil, os testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) são necessários, segundo Aviani et al. (2008), para a comprovação das características na ocasião de proteção de cultivares e são realizados pelos melhoristas em estações experimentais. Esses testes seguem metodologia própria para cada espécie e exigem um conhecimento da espécie por parte do examinador.

Tudo começou com União Internacional para Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV), após elaborar um documento para definir os princípios gerais que se enquadrava todas espécies e específicos de cada gênero ou espécie para as Diretrizes de Distinguibilidade, Homogeneidade e Estabilidade, conhecidos como TGP *Technical Guideline Procedures* (Machado, 2011).

O MAPA impôs algumas regras abaixo:

I) Artigo 22 e seu parágrafo único da Lei 9.456, de 25 de abril de 1997, relata que o solicitante para a proteção de cultivar, tem a obrigação de apresentar ao MAPA/SNPC amostras de 1,0 kg de semente a ser protegida. II) No ensaio as sementes utilizadas não poderão ter sofrido nenhum tipo de tratamento e deverão apresentar percentual de germinação bom e boas condições fitossanitárias, necessitando atender aos critérios estabelecidos nas RAS. III) É obrigatório que amostras vivas da cultivar requerida por empresas estrangeiras deverão ser mantidas

no Brasil. IV) Após a obtenção do certificado as amostras deverão ser disponibilizadas ao MAPA/SNPC.

2.4 Adaptabilidade e estabilidade

A adaptabilidade é a capacidade de o genótipo e/ou material genético em estudo aproveitar, vantajosamente, as variações causadas no ambiente como por exemplo produtividade com estímulos ambientais, já a estabilidade consiste na previsibilidade em que o genótipo pode responder em condição das modificações ambientais (Cruz et al., 2012; Borém et al., 2017).

Há diversos fatores que implicam nas características das plantas, além do controle genético, o ambiente que são cultivadas irão definir suas características bem com a interação entre plantas e os ambientes que estão inseridas (Yan & Kang, 2003; Mohammad & Amri, 2009).

Quando se tem respostas distintas dos genótipos sob diferentes ambientes, denomina-se de interação genótipos x ambiente (GA). Essa expressão na planta por meio de características dos valores fenotípicos e genotípicos, podem reduzir a correlação, o que leva a dificuldade em selecionar e recomendar genótipos adaptados e estáveis (Yan & Holland, 2010). Sendo assim a análise de estabilidade e adaptabilidade permite identificar essa relação, explorando a interação GxA (Silva et al. 2022).

A interação genótipos X ambientes, está relacionada diretamente com a expressão da estabilidade fenotípica entre ambientes, quando há essa interação o genótipo em cultivo pode responder positivamente em ambientes favoráveis. Contudo estudo vem sendo desenvolvidos a fim de selecionar genótipos elites, com intuito em buscar maiores produtividades e mais estabilidades em diferentes ambientes. (Seyoum et al., 2020).

Já os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) foram impostos pelo MAPA, com normas e protocolos a seguir visando o registro de novas cultivares, sendo assegurada pela Lei de Proteção de Cultivares (Lei no 9.456/97). Sendo assim, uma das normas recomendadas para o feijão é que os ensaios de (VCU) devem ser implantados em pelo menos três locais, no período de safras representativas de cada região (BRASIL 2007).

Diversos trabalhos com as espécies *Phaseolus vulgaris*, no Brasil resultaram na obtenção de cultivares registradas RNC/MAPA e estão disponíveis no mercado consumidor. Araújo (2015) trabalhou com genótipos do Banco Germoplasma da (UENF), e obteve como resultado a superioridade em uma linhagem promissora. Essa linhagem foi identificada por L20 dos parentais UENF (1448x 1429), a qual apresentou dupla aptidão, ou seja, produção de vagem superior às testemunhas, bem como a produção de sementes. O mesmo ocorreu em pesquisa de Sant'Anna et al. (2020) para a linhagem L10 dos parentais UENF (1442 x 1429). A linhagem destacou-se sobre as demais e as cultivares testadas, como superior em ambos os caracteres e logo notaram que a linhagem seria promissora para proteção e/ou registro no MAPA.

2.5 Modelo GGE *biplot*

A metodologia GGE *biplot* tem se tornado uma ferramenta muito útil na seleção de genótipos superiores, com o objetivo de discriminar melhor os genótipos com análise multifuncional e sendo representada de forma gráfica, simples, eficiente e fácil compreensão para o pesquisador (Badu-Apraku et al., 2012; Yan, 2014), além de permitir a discriminação da performance dos genótipos em mega ambiente a fim de selecioná-los para ambiente ideais (Yan et al., 2015; Alam et al., 2019; Gupta et al., 2022).

A utilização desses modelos como o GGE (Genotype plus Genotype x Environment interaction), tem tornado popular e amplamente usado nas pesquisas dos melhoristas e aceita por todos, onde a análise visa melhor exploração dos dados, bem como cada vez mais sua aplicação em dados de GxA (Olivoto et al., 2017; Ferreira et al., 2021).

Yan et al. (2000) relatam que a metodologia empregada pelo GGE *biplot*, auxilia de modo eficaz e fundamentado para avaliação do desempenho dos genótipos nos ambientes/anos. Outros autores como: Cruz et al. (2020); Gonçalves et al. (2020) e Rocha et al. (2020) afirmam que a metodologia do GGE *biplot* mostra-se eficiente no critério de avaliação a fim de selecionar genótipos elites com alta performance produtiva de acordo com sua estabilidade em diversos ambientes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material genético

Foram utilizados 13 genótipos, sendo 10 linhagens e 3 cultivares comerciais como testemunhas, todos de hábito de crescimento indeterminado pertencentes ao Banco de Germoplasma da UENF, conforme tabela 1. Esses materiais foram desenvolvidos ao longo dos anos pelo grupo de pesquisa em melhoramento genético de feijões especiais dos Programas de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. A escolha das linhagens e cultivares foram de acordo com o andamento das pesquisas anteriores no qual foram originadas de cruzamentos entre os genitores, realizados por outros autores. Além disso, as cultivares controles já possuem registro no MAPA. Sendo que a (L3) “Top Seed”, por empresa privada e as (L7) “UENF Goytacá” e (L10) “UENF Parapoana” foram desenvolvidas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Tabela 1 – Identificação das linhagens e cultivares com os respectivos números correspondentes do banco germoplasma da UENF de feijão-vagem

Linhagens	Identificação UENF
L3	'Top Seed Blue Line'
L4	UENF 7-3-1
L5	UENF 7-4-1
L7	'UENF Goytacá'
L9	UENF 7-9-1
L10	'UENF Parapoana'
L11	UENF 7-12-1
L12	UENF 7-14-1
L13	UENF 7-20-1
L18	UENF 9-24-2
L21	UENF 14-4-3
L22	UENF 14-6-3
L31	UENF 14-23-4

3.2. Local do experimento

Os experimentos foram realizados em condições de campo no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo – Campus de Alegre, na área de produção do setor de olericultura no distrito de Rive, localizado a latitude 20°45'44" Sul, longitude 41°27'43" Oeste e altitude de 134 m. Segundo classificação de Köppen o clima da região é do tipo "Aw", inverno seco e verão chuvoso com temperatura anual média de 23°C e precipitação anual em torno de 1.200 mm. Os experimentos ocorreram nos anos de (2018, 2019 e 2021). Os dados de precipitação (em mm) e temperaturas mínima e máxima (em °C) (Figura 1), foram coletados na época de condução dos ensaios (Inmet, 2023).

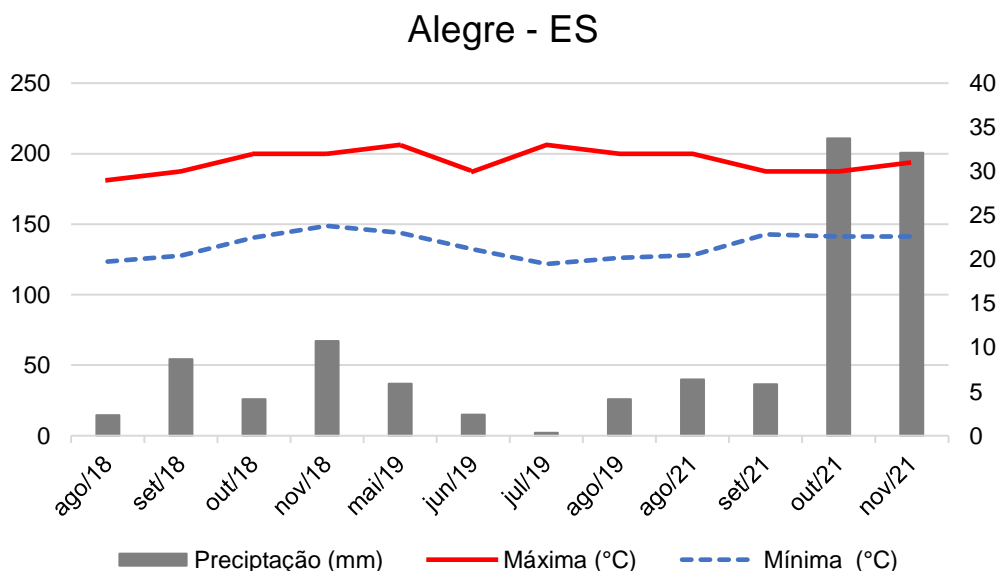


Figura 1. Precipitação em mm, temperatura do ar mínima e máxima em °C dos três anos de pesquisa dos 13 genótipos de feijão-vagem no município de Alegre - ES nos anos de 2018, 2019 e 2021.

3.3. Condução experimental e delineamento

O preparo da área foi feito através de aração e gradagem, no método convencional mais utilizado entre produtores e pesquisadores. Portanto, foi feita uma uniformização da área de plantio com auxílio de enxadas a fim de destorroar o solo. Em seguida, foi coletada amostras aleatórias por todo terreno formando uma amostra composta, a qual foi misturada para retirada da subamostra para levar ao laboratório de classificação dos teores nutricionais do solo. Os dados obtidos no laboratório de macronutriente e micronutriente, foram interpretadas e realizadas as recomendações de correção e adubações do solo de acordo com a demanda nutricional da cultura do feijão-vagem no Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação (Prezotti et al., 2013).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela foi composta por uma fileira com 12 plantas, dispostas no espaçamento de 1,00 m x 0,50 m, onde foram avaliadas as três plantas centrais. O plantio foi feito de forma manual com auxílio de uma matraca, colocando-se de três a quatro sementes espaçadas em 0,50 m. Após 15 dias da emergência foi feito o desbaste deixando apenas uma planta por cova. Foi utilizada bordadura em comum para cada parcela a fim de minimizar os efeitos ambientais. As plantas de feijão-vagem foram tutoradas individualmente, na diagonal, com auxílio de bambu

fincado ao solo na altura de 3,00 m amarradas ao arame esticado pelos mourões na parte superior. O manejo foi feito de acordo com a demanda da cultura tais como: capinas, adubações, monitoramento de pragas, doenças, colheitas. O sistema de irrigação foi por aspersão, com turno de regas de duas vezes por dia, de acordo com a exigência do feijão-vagem com cerca de 200 a 300 mm de água durante o ciclo (Trani et al., 2015).

3.4. Características avaliadas

As avaliações foram de acordo com o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro onde se inicia no estágio V0 Germinação; V1 Emergência; V2 Folhas primárias; V3 Primeira folha trifoliolada; V4 Terceira folha trifoliolada; R5 Pré-floração; R6 Floração; R7 Formação das vagens; R8 Enchimento das vagens e R9 Maturação fisiológica.

Foram avaliadas 54 características qualitativas e quantitativas (tabela 2), pertinentes à lista proposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (MAPA/SNPC) para as cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), o uso destes caracteres foi aplicado no feijão-vagem.

Tabela 2 – Descritores mínimos para cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) avaliadas

Característica	Identificação da característica	Código de cada descrição
1. Plântula: pigmentação antocianínica no hipocótilo QL VG (+)	ausente	1
	presente	2
2. Plântula: intensidade da pigmentação antocianínica no hipocótilo QN VG (+)	fraca	3
	média	5
	forte	7
3. Planta: hábito de crescimento QL VG (a)	determinado	1
	indeterminado	2
4. Somente para cultivares de hábito de crescimento indeterminado: Planta: porte QL VG (a)	prostrado	1
	arbustivo	2
	trepador	3
5. Somente para cultivares com porte trepador: Planta: forma QL VG (a)	piramidal	1
	retangular	2
6. Somente para cultivares com porte trepador: Planta: ciclo até o início de desenvolvimento do hábito trepador (80% das plantas) QN MG/VG	precoce	3
	média	5
	tardia	7
7. Somente para cultivares com porte trepador: Planta: velocidade com que desenvolve o hábito trepador QN VG (+) (a)	lenta	3
	média	5
	rápida	7
8. Folha: intensidade da cor verde QN VG (a)	clara	3
	média	5
	escura	7
9. Folha: rugosidade (a ser avaliada no terço médio da planta) QL VG (a)	ausente	1
	presente	2
10. Folha: tamanho do folíolo central (no 6º nó da planta) QN MI (+)	pequeno	3
	médio	5
	grande	7
11. Folíolo terminal: forma PQ VG (+) (a)	triangular	1
	triangular a circular	2
	circular	3
	circular a quadrangular	4
	quadrangular	5
12. Folíolo terminal: comprimento do ápice QN VG (+) (a)	curto	1
	médio	2
	longo	3
13. Somente para cultivares com hábito de crescimento determinado: Inflorescências: localização (no florescimento pleno) QN VG	predominantemente dentro da folhagem	1
	intermediárias	2
	predominantemente acima da folhagem	3

Continuação tabela 2

14. Flor: tamanho das brácteas QN VG	pequeno	3
	médio	5
	grande	7
15. Flor: cor do estandarte PQ VG (+)	branca	1
	branca rosada	2
	rosa	3
	violeta	4
16. Flor: cor da asa PQ VG (+)	branca	1
	branca rosada	2
	rosa	3
	violeta	4
17. Somente para cultivares com hábito de crescimento determinado: Vagem: comprimento (excluindo o bico) QN MI (b)	curto	3
	médio	5
	longo	7
18. Somente para cultivares com porte trepador: Vagem: comprimento (excluindo o bico) QN MI (b)	curto	3
	médio	5
	longo	7
19. Vagem: largura QN MI (+) (b)	estreita	3
	média	5
	larga	7
20. Vagem: espessura QN MI (+) (b)	fina	3
	média	5
	grossa	7
21. Vagem: forma da seção transversal (através da semente) PQ VG (+) (b)	elíptica	1
	oval	2
	cordada	3
	circular	4
	octomorfa	5
22. Vagem: razão espessura/largura QN MI (b)	pequena	3
	média	5
	grande	7
23. Vagem: cor primária PQ VG (+) (b)	amarela	1
	verde	2
	roxa	3
24. Vagem: intensidade da cor primária QN VG (+) (b)	fraca	3
	média	5
	forte	7
25. Vagem: presença de cor secundária QL VG (c)	ausente	1
	presente	2
26. Vagem: cor secundária PQ VG (c)	rosa	1
	vermelha	2
	roxa	3
27. Vagem: densidade das manchas da cor secundária QN VG (c)	esparsa	3
	média	5
	densa	7
28. Somente para feijão vagem. Vagem: fio da sutura ventral QL VG (+) (b)	ausente	1
	presente	2
Continuação tabela 2		

29. Vagem: grau de curvatura QN VG (+) (b)	ausente ou muito fraca fraca média forte muito forte	1 3 5 7 9
30. Vagem: forma da curvatura PQ VG (+) (b)	côncava em forma de "S" convexa	1 2 3
31. Vagem: forma da parte distal (excluindo o dente apical) PQ VG (+) (b)	aguda aguda a truncada truncada	1 2 3
32. Vagem: comprimento do dente apical QN MI/VG (b)	curto médio largo	3 5 7
33. Vagem: curvatura do dente apical QN VG (+) (b)	ausente ou muito fraca fraca média forte muito forte	1 3 5 7 9
34. Vagem: posição do dente apical QL VG (+) (c)	marginal não marginal	1 2
35. Vagem: textura da superfície QN VG (b)	lisa ou ligeiramente rugosa moderadamente rugosa muito rugosa	1 2 3
36. Vagem: constrições (vagem seca) QN VS (c)	ausente ou muito fracas médias fortes	1 2 3
37. Semente: peso QN MG (+) (d)	baixo médio alto	3 5 7
38. Semente: forma em seção longitudinal PQ VG (+) (d)	circular circular a elíptica elíptica reniforme retangular	1 2 3 4 5
39. Somente cultivares com forma de semente reniforme: Semente: grau de curvatura QN VG (d)	fraco médio forte	3 5 7
40. Semente: forma em seção transversal PQ VG (+) (d)	plana elíptica estreitada elíptica média elíptica alargada circular	1 2 3 4 5
41. Semente: largura em seção transversal QN MS/VG (+) (d)	estreita média larga	3 5 7
42. Semente: comprimento QN MI/VG (+) (d)	curto médio longo	3 5 7

43. Semente: relação comprimento/largura QN MI/VG (+) (d)	muito baixa	1
	baixa	2
	média	3
	alta	4
	muito alta	5
44. Semente: relação espessura/largura QN MI/VG (+) (d)	baixa	1
	média	2
	alta	3
45. Semente: número de cores QL VG (d)	uma	1
	duas	2
	mais de duas	3
46. Semente: cor principal (que cobre a maior área) PQ VG (d)	branca	1
	verde ou esverdeada	2
	cinza	3
	amarela	4
	bege	5
	marrom	6
	vermelha	7
	violeta	8
	preta	9
47. Semente: cor secundária PQ VG (d)	cinza	1
	amarela	2
	bege	3
	marrom	4
	vermelha	5
	violeta	6
	preta	7
48. Semente: distribuição da cor secundária QL VG (+) (d)	ao redor do hilo	1
	na metade da semente	2
	por toda semente	3
49. Semente: venação QN VG (d)	ausente ou muito fraca	1
	fraca	3
	média	5
	forte	7
	muito forte	9
50. Semente: brilho QN VG (d)	opaco	3
	intermediário	5
	brilhante	7
51. Semente: cor da área ao redor do hilo QN VG (d)	mesma cor da semente	1
	cor diferente da semente (halo)	2
52. Semente: cor do halo PQ VG (d)	branca	1
	amarela	2
	laranja	3
	marrom	4
	violeta	5
	preta	6
53. Ciclo até o florescimento (50% das plantas com ao menos uma flor) QN MG	precoce	3
	média	5
	tardia	7
54. Ciclo total (da emergência ao ponto de colheita) QN MG	precoce	3
	médio	5
	tardio	7

Mensuração única de um grupo de plantas ou partes de plantas (MG), mensurações de um número de plantas ou partes de plantas, individualmente (MI), avaliação visual única de um grupo de plantas ou partes dessas plantas (VG), avaliações visuais em plantas ou partes dessas plantas, individualmente (VI), característica qualitativa (QL), característica pseudoqualitativa (PQ), característica quantitativa (QN).

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (MAPA/SNPC).

3.5. Análises estatísticas

Os dados qualitativos para o DHE foram analisados pelo método de análise descritiva calculando a moda, que é observado a frequência do valor atribuído a cada característica dos genótipos.

As análises de variância individuais (ANOVA) foram feitas para cada ano com intuito de avaliar a homogeneidade das variâncias residuais, considerando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{eq. (1)}$$

Em que:

Y_{ij} é o valor observado do i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

μ é a média geral; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo;

B_j é o efeito aleatório do j -ésimo bloco; e

ε_{ij} é o efeito do erro associado ao i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco.

Análise de variância conjunta foi realizada em esquema fatorial com seguinte modelo estatístico foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B/A_j + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{eq. (2)}$$

Em que:

Y_{ijk} é o valor observado relativo ao i -ésimo genótipo, no j -ésimo ambiente e no k -ésimo bloco;

μ é a média geral dos ensaios;

G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo;

B/A_{kj} é o efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente;

A_j é o efeito aleatório do j -ésimo ambiente;

GA_{ij} é o efeito fixo da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente,

e

ε_{ijk} é o erro associado com a observação Y_{ijk} , $\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

E o modelo GGE *biplot* é feita pela dispersão de g_{i1} e g_{i2} para genótipos, e e_{j1} e e_{j2} para ambientes, obtidos pela equação:

$$Y_{ij} = \mu - B_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad \text{eq. (3)}$$

Em que:

λ_1 e λ_2 são os maiores autovalores do primeiro e do segundo componente principal CP1 e CP2, respectivamente;

ξ_{i1} e ξ_{i2} são os autovetores do i -ésimo genótipo de CP1 e CP2, respectivamente; e

η_{j1} e η_{j2} são os autovetores do j -ésimo ambiente do CP1 e CP2, respectivamente.

As análises e o GGE *biplot* foram realizadas no software R (R Core Team, 2019), e utilizou-se o pacote metan (Olivoto e Lúcio, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descritores qualitativos do DHE

De acordo com os experimentos realizados nos três anos, foi possível notar que houve diferenças entre as linhagens estudadas, bem como entre as cultivares já registradas no mercado. Conforme Machado (2011) os testes de Distinguilidade, Homogeneidade e Estabilidade, são considerados úteis quando é possível notar que os genótipos testados e candidatos a proteção, são diferentes. Entretanto devem seguir, criteriosamente, as diretrizes preconizadas pelos descritores mínimos para feijão-vagem dispostas pelo MAPA para registro de *Phaseolus vulgaris* L. (tabela 3).

Tabela 3. Descritores morfológicos para *Phaseolus vulgaris* L. dispostos no formulário Serviço Nacional de Proteção de Cultivares para linhagens de feijão-vagem de hábito de crescimento indeterminado. Alegre – ES em três anos de pesquisa

Descritores	Genótipos				
	L3	L4	L5	L7	
Plântula	pig. antocianina no hipocótilo	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	int. pig. antocianina no hipocótilo	-	-	-	-
	hábito de crescimento	indeterminado	indeterminado	indeterminado	indeterminado
	Porte	trepador	trepador	trepador	trepador
	Forma	retangular	retangular	retangular	retangular
	ciclo desenv. Hábito trepado	média	média	média	precoce
	velocidade que desenvolve hab. Trep	média	média	média	rápida
	int. da cor verde	escura	média	média	média
	Folha	Rugosidade	ausente	ausente	ausente
tam. Folíolo central		médio	médio	médio	médio
folíolo terminal: forma		quadrangular	quadrangular	quadrangular	quadrangular
folíolo terminal: comprimento		longo	longo	médio	médio
Flor	tam. Brácteas	pequeno	médio	médio	grande
	cor do estandarte	branca	branca	branca	branca
	cor da asa	branca rosada	branca rosada	branca	branca
Vagem	comprimento exc. o bico	médio	curto médio	curto médio	médio
	largura	estreita	estreita	estreita	estreita
	Espessura	Fina	fina	fina	fina
	forma da seção transversal	cordada	oval	oval	oval
	razão largura/espessura	média	média	grande	grande
	cor primário	verde	verde	verde	verde
	int. da cor primário	média	média	média	média
	presença de cor secundária	-	-	-	-
	cor secundária	-	-	-	-
	densidade das manchas sec.	-	-	-	-
	fio da sutura ventral	presente	presente	presente	presente
	grau de curvatura	muito fraca	fraca	média forte	muito fraca
	forma da curvatura	côncava	côncava	côncavo	côncava
	forma da parte distal	truncada	aguda a truncada	aguda a truncada	aguda a truncada
	comprimento do dente apical	médio	médio	médio	médio

	curvatura do dente apical	média	muito fraca	fraca	fraca
	posição do dente apical	marginal	marginal	marginal	marginal
	textura da superfície	Lisa	lisa	lisa	lisa
Semente	peso	Baixo	baixo	baixo	baixo
	forma seção longitudinal	circula	reuniforme	reuniforme	reuniforme
	grau de curvatura	-	fraco	fraco	fraco
	forma seção transversal	elíptica alargada	elíptica média	elíptica média	elíptica média
	largura seção transversal	médio	estreito	médio	médio
	comprimento	médio	médio	médio	médio
	comprimento/largura	muito alta	muito alta	muito alta	muito alta
	espessura/largura	muito alto	muito alto	muito alto	muito alto
	número de cores	Uma	uma	uma	uma
	cor principal	branca	marrom	marrom	marrom
	cor secundária	-	-	-	-
	dist. cor secundária	-	-	-	-
	brilho	opaco	intermediário	intermediário	intermediário
	cor da área ao redor do hilo	mesma cor	cor diferente	cor diferente	mesma cor
	cor do halo	branca	preta	preta	marrom
	ciclo até o florescimento	tardia	precoce	médio	tardia
	ciclo total	tardio	médio	médio	tardio

Continuação tabela 3

		L9	L10	L11	L12	L13
plântula	pig. antocianina no hipocótilo	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
	int. pig. antocianina no hipocótilo	-	-	-	-	-
	hábito de crescimento	Indeterminado	indeterminado	indeterminado	indeterminado	indeterminado
	porte	trepador	trepador	trepador	trepador	trepador
	forma	retangular	retangular	retangular	retangular	retangular
	ciclo desenv. Hábito trepado	precoce	tardia	média	média	precoce
	velocidade que des. hab. Trep int. Da cor verde	rápida	lenta	média	média	rápida
Folha	tam. Folíolo central	médio	médio	médio	médio	médio
	folíolo terminal: forma	quadrangular	quadrangular	quadrangular	quadrangular	quadrangular
	folíolo terminal: comprimento	médio	longo	médio	médio	longo
	tam. Brácteas cor do estandarte	Médio branca	grande rosa	médio branca	médio branca rosada	médio branca
Flor	cor da asa	branca	branca	branca	branca rosada	branca
Vagem	comprimento exc. o bico	curto médio	médio	médio	curto médio	médio
	largura	estreita	estreita	estreita	estreita	estreita
	espessura	média	média	média	média	média
	forma da seção transversal	elíptica	oval	oval	elíptica	oval
	razão largura/espessura	grande	grande	grande	grande	grande
	cor primário	verde	verde	verde	verde	verde
	int. da cor primário	média	Média	média	média	média
	presença de cor secundária	-	-	-	-	-
	cor secundária	-	-	-	-	-
	densidade das manchas sec.	-	-	-	-	-
	fio da sutura ventral	presente	Presente	presente	presente	presente
	grau de curvatura	fraca	muito fraca	fraca	média	fraca
	forma da curvatura	côncava	Côncava	côncava	côncava	côncava
forma da parte distal	aguda a truncada	aguda a truncada	truncada	aguda a truncada	aguda a truncada	

	comprimento do dente apical	médio	Médio	médio	médio	médio
	curvatura do dente apical	fraca	fraca média	fraca	fraca	fraca média
	posição do dente apical	marginal	Marginal	marginal	não marginal	marginal
	textura da superfície	moderadamente	lisa	lisa	lisa	moderadamente
Semente	peso	baixo	Baixo	baixo	baixo	baixo
	forma seção longitudinal	reuniforme	Reuniforme	reuniforme	reuniforme	reuniforme
	grau de curvatura	fraco	Fraco	fraco	fraco	fraco
	forma seção transversal	elíptica média	elíptica alargada	elíptica média	elíptica média	elíptica média
	largura seção transversal	médio	Médio	médio	médio	médio
	comprimento	longo	Médio	médio	médio	médio
	comprimento/largura	muito alta	muito alta	muito alta	muito alta	muito alta
	espessura/largura	muito alto	muito alto	muito alto	muito alto	muito alto
	número de cores	uma	Uma	uma	uma	uma
	cor principal	marrom	Marrom	marrom	marrom	marrom
	cor secundária	-	-	-	-	-
	dist. cor secundária	-	-	-	-	-
	brilho	intermediário	intermediário	intermediário	intermediário	brilhante
	cor da área ao redor do hilo	cor diferente	cor diferente	cor diferente	cor diferente	cor diferente
	cor do halo	preta	Preta	preta	preta	preta
ciclo até o florescimento	médio	Tardia	médio	médio	médio	
ciclo total	médio	Tardio	tardio	médio	médio	

conclusão tabela 3

	L18	L21	L22	L31	
Plântula	pig. antocianina no hipocótilo	ausente	ausente	ausente	ausente
	int. pig. antocianina no hipocótilo	-	-	-	-
	hábito de crescimento	indeterminado	indeterminado	indeterminado	indeterminado
	porte	trepador	trepador	trepador	trepador
	forma	retangular	retangular	retangular	retangular
	ciclo desenv. Hábito trepado	média	tardia	tardia	média
	velocidade que des. hab. Trep	média	lenta	lenta	média
	int. Da cor verde	média	média	média	média
	Folha	rugosidade	ausente	ausente	ausente
tam. Folíolo central		médio	médio	médio	médio
folíolo terminal: forma		quadrangular	quadrangular	quadrangular	quadrangular
folíolo terminal: comprimento		médio	médio	médio	longo
Flor	tam. Brácteas	médio	médio	médio	médio
	cor do estandarte	rosa	branca	branca	branca
	cor da asa	rosa	branca	branca	branca
Vagem	comprimento exc. o bico	curto médio	curto médio	curto	curto
	largura	estreita	estreita	estreita	estreita
	espessura	média	média	média	média
	forma da seção transversal	elíptica	elíptica	elíptica	elíptica
	razão largura/espessura	grande	grande	grande	grande
	cor primário	verde	verde	verde	verde
	int. da cor primário	média	média	média	média
	presença de cor secundária	-	-	-	-
	cor secundária	-	-	-	-
	densidade das manchas sec.	-	-	-	-
	fio da sutura ventral	presente	presente	presente	presente
	grau de curvatura	muito fraca	fraca	muito fraca	muito fraca
	forma da curvatura	côncava aguda a truncada	côncava aguda a truncada	côncava aguda a truncada	- aguda a truncada
	forma da parte distal do comprimento do dente apical	médio	médio	médio	médio
	curvatura do dente apical	fraca média	fraca média	fraca média	fraca média
	posição do dente apical	não marginal	não marginal	marginal	não marginal
	textura da superfície	lisa	lisa	lisa	Lisa
	peso	baixo	baixo	baixo	

forma longitudinal	seção	reunifome	reunifome	circula	circular
grau de curvatura		fraco	fraco	-	-
forma transversal	seção	elíptica média	elíptica média	elíptica média	elíptica média
largura transversal	seção	estreito	estreito	curto	estreito
comprimento		médio	médio	médio	médio
comprimento/largura		muito alta	muito alta	médio	muito alta
espessura/largura		muito alto	muito alto	baixo	muito alto
número de cores		uma	uma	uma	uma
cor principal		marrom	marrom	marrom	marrom
cor secundária		-	-	-	-
dist. cor secundária		-	-	-	-
brilho		intermediário	brilhante	brilhante	intermediário
cor da área ao redor do hilo		cor diferente	cor diferente	mesma cor	cor diferente
cor do halo		preta	preta	marrom	marrom
ciclo até o florescimento		tardia	médio	médio	precoce
ciclo total		tardio	médio	médio	precoce

De acordo com esses descritores, foi possível inferir que todos os genótipos eram de hábito de crescimento indeterminado, uma vez que seus genitores possuíam essa característica, ou seja, todos são trepadores. Portanto Almeida et al. (2014) selecionaram os genitores com o objetivo de obter essa característica para a próxima geração. De acordo com Vaz et al. (2017) afirmam que no Brasil as recomendações de plantio de feijão-vagem, são as de hábito de crescimento indeterminado e são cultivadas em espaldeiras.

Ao realizar uma busca no site de cultivares de feijão-vagem no Brasil, é possível notar que a maioria são de hábito de crescimento indeterminado, sendo mais produtivas mesmo que embora elas apresentem desvantagens por conta da exigência em mão de obra no tutoramento (Abreu, 2001; Francelino et al., 2011).

As características relacionadas à vagem, foram classificadas de acordo com os padrões de consumo do mercado brasileiro como cor, textura e rugosidade (Ceagesp, 2012). Quanto às características de plântula, foi possível notar que há diferença entre as linhagens candidatas e as cultivares registradas. Portanto as variações nos genótipos foram desde o início do ciclo, até a formação do primeiro par de folhas trifoliadas. Fato notório foi a questão da velocidade que se desenvolvem o hábito de crescimento, sendo de lento para L10, L21, L22 e rápido para L7, L9 e L13 o que normalmente está atrelado à característica ciclo de desenvolver hábito trepador. Resultados semelhantes foram notados por Sant'Anna (2020), no município de Campos dos Goytacazes. Para Silva et al. (2017), quando existem materiais com diferentes ciclos de florescimento é possível escalonar a colheita, ou seja, plantas com florescimento precoce tendem a finalizar o ciclo de colheita mais rápido enquanto para os tardios são mais longos.

Já para os descritores de folhas as classificações dos genótipos da presente pesquisa, apresentaram diferenças entre si, uma vez que a intensidade do verde foi de média para maioria dos genótipos e escura para a cultivar L3 ("Top Seed Blue"). Apesar de nenhuma importância para o comércio consumidor, ela é uma característica disposta no formulário, assim como coloração da semente, formato, tamanho da folha e forma (Abreu et al., 2004).

Quanto às características de vagem que são de interesse comercial tais como: comprimento, largura, espessura e forma da seção transversal esses caracteres permitem inferir no tipo de grupo que a vagem está inserida e qualidade (Almeida et al., 2014). Portanto, comprimento da vagem, apresentou diferença no tamanho para

as linhagens L22 e L31 classificadas como curto, no entanto para as L4, L5, L12, L18 e L21 foram curtos e médios. Os genótipos comerciais L3, L7, L10 e a Linhagem L11 e L13 foram médios (Tabela 3). Foi observado nas pesquisas de Sant'Anna et al. (2020) e Almeida et al. (2014) variações no comprimento dos genótipos de feijão-vagem. Alguns autores como (Santos e Machado, 2011) afirmam que plantas homogêneas tendem a ser estáveis e quando detectados, se cumprir os requisitos podem ser selecionadas a candidatas ao pedido de proteção. Além disso, todos os genótipos possuíam apenas uma coloração de vagem na cor verde, não apresentando cores secundárias, pois de acordo com Filgueira (2013), as cultivares podem desenvolver colorações que variam entre o verde-escuro ou claro, amarelo e púrpura.

Quanto ao caractere semente, uma cultivar comercial foi diferente dos demais genótipos testados e linhagens candidatas. A L3 apresentou sementes na cor branca (tabela 3), enquanto para as duas outras cultivares e as linhagens apresentaram sementes na cor marrom. Fato que as sementes não apresentavam variações de cores secundárias, pois elas apenas eram diferentes nos formatos, curvaturas, espessura, largura, comprimento cor do hilo e brilho.

As linhagens L4 e L31, foram consideradas precoces para o florescimento (inferior a 30 dias), no entanto foi ciclo total para L4 e L31 sendo precoce (44 dias). Já as linhagens L5, L9, L11, L12 e L13 apresentaram ciclo médio de florescimento médio. A cultivar L3 ("Top seed blue line"), similarmente, os genótipos candidatas L7 (UENF Goytacá), L10 ('UENF Parapoana) e L18, apresentaram o ciclo de florescimento tardio (superior a 35 dias) e conseqüentemente o ciclo total, também, com exceção da linhagem L11. Alguns autores como Oliveira et al. (2001), em suas pesquisas, consideraram a classificação para florescimento de feijão-vagem de crescimento indeterminado como: acima de 43 dias tardio e menor que 38 dias como precoces.

4.2. Análise de variância e teste médias

A análise de variância conjunta mostra que houve efeito significativo para os efeitos principais, ano de avaliação apenas para a variável produção de vagem, e, para o efeito de linhagens em todas as características avaliadas, respectivamente. Já para o efeito da interação ano x linhagens, houve efeito significativo para as características COMPV, CSEM, LSEM, ESPSEM e PROD, (Tabela 4). Isso demonstra

que existe variabilidade genética suficiente para estabelecer critério de seleção de genótipos superiores para a produção de vagens.

Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta com valores de quadrado médio para as variáveis (TAMFOL) tamanho de folha, (BRACK) comprimento de bráctea, (COMPV) comprimento de vagem, (ESPV) espessura de vagem, (LARV) largura de vagem, (COMPIDENT) comprimento do dente apical, (CSEM) comprimento semente, (LSEM) largura de semente, (ESPSEM) espessura de semente e (PROD) produção de vagem das 13 linhagens de feijão-vagem avaliadas nos anos 2018, 2019 e 2021 no município de Alegre-ES

FV	GL	Quadrado médio									
		TAMFOL (cm)	BRACK (cm)	COMPV (cm)	LARV (mm)	ESPV (mm)	COMPIDENT (cm)	CSEM (mm)	LSEM (mm)	ESPSEM (mm)	PROD (g. plan)
Ano	2	0,0405	0,0085	150,6000	289,37	20,5481	0,0878	0,9120	30,4320	18,4930	580334*
Bloco/Ano	9	8,0577*	0,0028 ^{ns}	1,3100 ^{ns}	0,7320 ^{ns}	0,0104 ^{ns}	0,0830 ^{ns}	0,3100 ^{ns}	0,1460 ^{ns}	0,4060*	159058 ^{ns}
Linhagens	12	8,2701*	0,1527*	35,1000*	3,8870*	0,1294*	1,7323*	9,4050*	1,3900*	0,8890*	155707*
Ling x Ano	24	0,0717 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	3,2500*	4,0000*	0,1748*	0,0197 ^{ns}	0,4400*	0,3140*	0,3380*	184648*
Resíduos	108	0,6305	0,0061	1,1300	0,6960	0,0137	0,0510	0,1880	0,1130	0,1100	44700
CV (%)		7,03	12,48	7,12	9,04	8,64	11,75	3,41	5,49	5,87	32,3
MSR+/MSR-		1,18	2,03	1,50	1,33	1,44	1,44	2,79	2,01	2,66	10,5
Média geral		11,30	0,63	14,91	9,23	1,35	1,92	12,72	6,13	5,66	654,9

^{ns}, *, Não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os coeficientes de variação experimental para todas as variáveis variaram de 3,41 para CSEM a 32,3 para PROD, respectivamente. Diversos fatores estão relacionados aos valores mais altos de coeficiente de variação experimental como a natureza da variável analisada, os efeitos gênicos e ambientais, os erros de avaliação dentre outros.

Após análise de variância conjunta dos dados da presente pesquisa, (Tabela 4), verificou-se que houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre linhagens e anos de ciclos do cultivo de feijão-vagem, assim foi confirmado que há variabilidade genética entre os materiais em estudo, bem como sua *performance* para seleção de linhagens superiores, além de diferenças obtidas na interação dos mesmos (GxA), de acordo com as variáveis estudadas, visando a produção de vagens. O coeficiente de variação (CV) para os dez caracteres variou de 3,41% a 12,48% para o comprimento de semente e tamanho médio da bráctea, respectivamente (Tabela 4), exceto para PROD. Para Pimentel-Gomes (2009) quando o CV é apresentado abaixo de 20%, pode ser classificado como médio a baixo, o que indica boa precisão experimental.

A tabela 4 apresenta valores de quadrados médios referentes às variáveis estudadas para cultura do feijão-vagem no município de Alegre em três anos e treze genótipos. Como mostrado na (Tabela 4) o tamanho de folha (TAMFOL) não apresentou significância para a interação linhagem/ano. Como a área foliar é maior, maior a capacidade de realizar fotossíntese. Esse caractere pode ser amplamente usado para mensuração de área foliar, podendo ser pela medição direta na folha (CxL) ou utilizando fenotipagem digitais (Toebe et al., 2012).

Para o comprimento de vagem, uma característica desejável de interesse econômico e estético, foi observado efeito significativo para linhagens de acordo com a (Tabela 4). Abreu et al. (2004) encontraram em sua pesquisa de feijão o comprimento médio variando entre 9,43 a 15,58 o tamanho médio das vagens de feijão em treze acessos do banco de germoplasma da universidade.

Já para a fonte de variação linhagem, todos os caracteres foram significativos a nível de 5% de probabilidade. O que pode inferir que os genótipos são divergentes. O mesmo foi observado por Abreu et al. (2004) no caractere produção de vagem (PROD), onde trabalharam com linhagem de feijão-vagem visando a divergência entre os materiais genéticos.

No presente estudo, quanto a interação linhagens x Ano não foram detectados valores significativos para os caracteres tamanho de folha (TAMFOL), bráctea (BRACKT), e comprimento do dente apical (COMPIDENT), exceto para comprimento de vagem (COMPV), largura de vagem (LARV), espessura de vagem (ESPV), comprimento de semente (CSEM) largura de semente (LSEM) espessura de semente (ESPSEM) e produção de vagem (PROD). Apesar de não apresentarem significância pelo teste, essas características são de suma importância fenotípica, pois estão relacionadas com aspecto visual da planta e da vagem. No caso da vagem que é produto final, vai depender do consumidor se há preferência por vagem mais finas ou mais espessas.

Por outro lado, os demais caracteres apresentaram significância para a interação (G x A) como, comprimento de vagem (COMPV) comprimento de semente (CSEM), largura de semente (LSEM) e a produção de vagem (PROD), o mesmo foi encontrado por Jaeggi (2021) e Pereira (2019) em dois anos de pesquisa no município de Alegre -ES, demonstrando que estas características estão relacionadas entre si. Krause et al. (2012) trabalharam em três ambientes e obtiveram diferenças significativas para a produção de vagem.

A fim de aumentar a produtividade e qualidade do feijão-vagem (Moreira et al. (2009) trabalharam com genótipos adaptados às condições edafoclimáticas, onde por meio da caracterização morfológica fizeram a identificação dos genótipos superiores para a região.

Houve efeito significativo entre os genótipos sobre grande parte das variáveis, no ano de 2018 apenas para a produção de vagem (PROD) não apresentou diferença estatística a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott. No entanto, nos demais anos a produção foi significativa com valores indo de 440,34 (g) para L22 a 889,33 (g) para L12 em 2019, porém em 2021 foi de 461,50 (g) para L22 e 1410,75 (g) para L13 (Tabela 5).

Tabela 5. Teste de agrupamento de médias das variáveis (TAMFOL) tamanho de folha, (BRACK) comprimento de bráctea, (COMPV) comprimento de vagem, (ESPV) espessura de vagem, (LARV) largura de vagem, (COMPDENT) comprimento do dente apical, (CSEM) comprimento semente, (LSEM) largura de semente, (ESPSEM) espessura de semente e (PROD) produção de vagem das 13 linhagens de feijão-vagem avaliadas nos anos 2018, 2019 e 2021 no município de Alegre-ES

G.	Médias 2018									
	PROD (g.plan)	TAMFOL (cm)	BRACK (cm)	COMPV (cm)	LARV (mm)	ESPV (mm)	COMPDENT (cm)	CSEM (mm)	LSEM (mm)	ESPSEM (mm)
L4	416,00a	11,56b	0,51d	17,91b	10,62c	7,30a	2,38a	13,19b	5,16b	6,13b
L5	316,09a	10,63b	0,70b	16,83c	10,40c	6,03c	1,58b	13,22b	5,40a	6,82a
L9	286,92a	11,19b	0,56d	16,24c	11,65b	6,02c	2,23a	11,92c	5,37a	6,27b
L11	326,08a	12,81a	0,54d	19,33a	11,40b	6,15c	2,08a	12,73b	5,14b	6,18b
L12	369,58a	11,00b	0,64c	16,76c	10,70c	6,35b	2,25a	13,22b	5,51a	6,84a
L13	321,50a	11,19b	0,65c	19,51a	12,87a	6,45b	2,15a	14,10a	5,79a	6,75a
L18	280,92a	11,19b	0,69b	16,24c	11,74b	5,79c	2,15a	13,05b	4,72b	6,52a
L21	328,34a	10,31b	0,58d	16,07c	12,59a	5,77c	2,28a	13,98a	4,57b	6,71a
L22	262,50a	10,25b	0,65c	12,53d	11,65b	5,76c	1,33b	10,58d	5,86a	5,86b
L31	237,25a	10,38b	0,60c	12,93d	12,53a	5,97c	1,58b	11,71c	5,49a	5,99b
L3	355,42a	12,69a	0,51d	15,98c	9,97c	7,31a	1,33b	12,65b	5,66a	5,82b
L7	382,67a	11,44b	0,75b	18,19b	11,50b	6,62b	2,23a	13,23b	5,34a	5,52b
L10	225,00a	11,88a	0,90a	20,86a	10,95c	6,39b	2,08a	13,50b	5,72a	5,96b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, em 5% de probabilidade

Continuação tabela 5

G.	Médias 2019									
	PROD (g.plan)	TAMFOL (cm)	BRACT (cm)	COMPV (cm)	LARV (mm)	ESPV (mm)	COMPIDENT (cm)	CSEM (mm)	LSEM (mm)	ESPSEM (mm)
L4	639,92b	11,51b	0,50d	13,69b	7,70b	5,93a	2,18a	13,25c	5,89b	5,75b
L5	459,67b	10,89b	0,70c	14,30b	9,86a	6,51a	1,55b	13,30c	6,31a	6,07a
L9	554,92b	11,36b	0,60c	12,35c	8,56b	5,48a	2,05a	11,54f	5,75b	5,67b
L11	889,33a	12,90a	0,50d	14,29b	8,09b	6,15a	2,20a	12,78d	5,97b	5,70b
L12	573,25b	11,03b	0,60c	14,28b	9,71a	5,96a	2,20a	13,07c	6,36a	6,00a
L13	785,59a	11,11b	0,68c	16,56a	10,94a	6,45a	2,15a	14,11a	6,51a	6,08a
L18	652,25b	11,22b	0,65c	14,22b	9,18b	5,73a	1,93a	12,83d	5,85b	5,50c
L21	740,75a	10,22b	0,60c	14,24b	10,24a	5,31a	2,35a	13,59b	5,77b	5,71b
L22	440,34b	10,26b	0,68c	12,24c	11,44a	6,22a	1,23c	10,84g	6,66a	5,63b
L31	543,25b	10,33b	0,60c	11,07c	10,57a	6,26a	1,58b	12,08e	6,48a	5,28c
L3	676,67b	12,52a	0,53d	13,33b	9,05b	6,93a	1,18c	12,32e	6,00b	5,56b
L7	857,17a	11,41b	0,75b	13,78b	10,02a	6,04a	1,98a	12,33e	5,67b	5,41c
L10	828,34a	12,14a	0,93a	16,17a	8,38b	5,82a	2,13a	13,28c	6,43a	5,25c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, em 5% de probabilidade.

Continuação tabela 5

G.	Médias 2021									
	PROD (g.plan)	TAMFOL (cm)	BRACT (cm)	COMPV (cm)	LARV (mm)	ESPV (mm)	COMPIDENT (cm)	CSEM (mm)	LSEM (mm)	ESPSEM (mm)
L4	1255,25a	11,15a	0,68b	14,36c	10,39a	6,11c	1,55b	13,39b	7,22a	5,33a
L5	870,75b	11,53a	0,60c	12,53d	9,85a	6,18c	2,05a	11,15d	6,13b	5,06a
L9	1004,00a	11,05b	0,55c	14,01c	9,29a	5,88c	2,20a	12,92b	7,21a	5,16a
L11	1213,25a	11,25b	0,63c	13,53c	10,20a	6,15c	1,93a	12,63b	6,98a	4,47b
L12	1037,50a	10,13b	0,58c	14,27c	11,83a	5,94c	2,35a	13,20b	6,98a	4,70b
L13	1410,75a	10,28b	0,65b	11,49d	11,45a	5,86c	1,23c	11,11d	7,46a	5,40a
L18	697,00b	10,28b	0,60c	11,90d	11,99a	7,55b	1,58b	12,46b	7,48a	4,57b
L21	1409,25a	11,38c	0,73b	14,29c	12,70a	6,51c	1,98a	11,44d	6,00b	5,30a
L22	461,50b	12,40c	0,90a	17,37a	9,95a	6,77c	2,13a	13,06b	7,14a	4,54b
L31	593,00b	12,35c	0,53c	13,62c	8,60a	9,12a	1,18c	11,99c	6,33b	5,31a
L3	1274,50a	11,45a	0,45c	15,95b	10,27a	7,69b	2,18a	13,31b	6,63b	5,29a
L7	918,00b	12,98b	0,45c	13,36c	9,95a	6,78c	2,20a	12,83b	6,81a	4,54b
L10	448,50b	11,03b	0,68b	14,96b	11,90a	7,04c	2,15a	14,13a	7,23a	5,30a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, em 5% de probabilidade.

Valores semelhantes a esse para a produção de vagem foi observado por Jaeggi (2021). Já para a variável tamanho de folha (TAMFOL) e tamanho de bráctea (BRACKT) foi possível observar que houve diferença entre os genótipos nos três anos de pesquisa, com destaque para a cultivar 'Topseed Blue Line' (L3), que apresentou maior comprimento e para a característica tamanho de bráctea (BRACKT), a cultivar 'UENF parapoana' L10 apresentou maiores valores nos anos recorrentes, assim esses genótipos podem ser considerados homogêneos (Tabela 5). Vale ressaltar que essas características são de pouco interesse para o comércio consumidor de vagem, mas para a planta é essencial no seu desenvolvimento e produção. Pereira (2019) observou diferença no tamanho de folha, bem como nas brácteas em dois anos de pesquisa com feijão-vagem no município de Alegre – ES.

Observou-se que o comprimento de vagem (COMP), largura de vagem (LARGV) e comprimento do dente apical (COMP DENT) demonstrou diferenças significativas entre os genótipos estudados e nos três anos de pesquisa, exceto a espessura (ESPV) em 2019 e 2021. Cabe ressaltar que essas características são importantes para o comércio, onde o consumidor busca por vagens mais finas e tenras. Sendo assim, os valores de comprimento de vagem apresentaram uma variação ampla, pois no primeiro ano da pesquisa o comprimento das vagens foram de 12,53 (cm) para o genótipo (L22) a 20,86 (cm) para a cultivar 'UENF parapoana' (L10). Sant'Anna (2020), em seu estudo, notou também uma ampla variação no comprimento de vagem (COMPV). Além disso, dados relacionados à vagem como: comprimento, largura e espessura são de suma importância para a aceitação no comércio, bem como sua qualidade (Almeida et al., 2014).

Já as características relacionadas às sementes do feijão-vagem e apresentaram diferenças significativas com destaque para a produção do ano 2021. O comprimento largura e espessura foram, também, significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Skott knott. Assim sendo, os valores dos genótipos comerciais foram diferentes para as linhagens candidatas.

4.3. GGE *biplot*

O GGE *biplot* do presente estudo, teve os resultados apresentados na figura 3. Desta forma, na abscissa do *biplot* representam os escores de PC1 (82,31%) e na ordenada os escores do PC2 (15,83%), dos genótipos e anos. Sendo assim, a análise

biplot explicou 98,14% da interação devida as linhagens no PC1 e a interação linhagens e anos de avaliação no PC2.

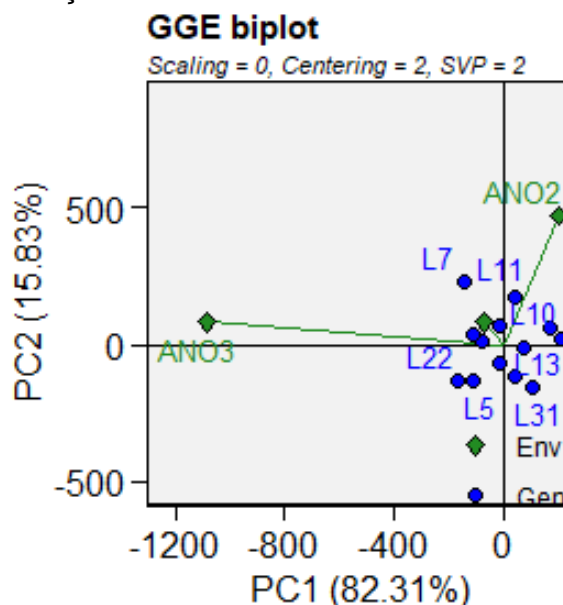


Figura 3. GGE *biplot* representando os percentuais de variação entre treze linhagens de feijão-vagem avaliadas em diferentes anos no município de Alegre-ES.

Para Yang et al. (2009), ao analisar dados de um experimento utilizando a metodologia de componentes principais, normalmente, os dois primeiros CPs quando somados, devem explicar 60% ou mais da variação dos dados. Para tanto, na presente pesquisa, foi encontrado valor de CPs acima do recomendado, confirmando que a análise foi adequada, eficaz e possibilitou interpretação segura e confiável dos resultados encontrados.

Na Figura 4 nota-se agrupamento dos anos no presente estudo do teste com base em interação G X A. O *biplot* foi construído no ambiente centrado (centralização = 2), (escala = 0) e (PVS = 2). De acordo com *biplot* os genótipos que estão nos vértices do polígono L7, L11, L10, L13, L22 e L31 foram melhores quanto a produção com relação aos anos.

Porém, as linhagens de feijão-vagem a L7 e L11 são consideradas para seleção por estas estarem associadas aos anos em que foram avaliadas. Além de se agruparem aos anos 1 e 2. A L7 manteve superior para os anos 1 e 2, no entanto a L11 foi apenas no ano 2. Dessa forma, linhagens que embora se localizem nos vértices, mas não estão associadas com os anos de avaliação devem ser desconsideradas para seleção. Como a média de produção é interessante para o melhorista, pensando em dar seguimento no desenvolvimento do programa de

melhoramento, são possíveis candidatas a serem lançadas como elite, como citado por (Paramesh et al., 2016).

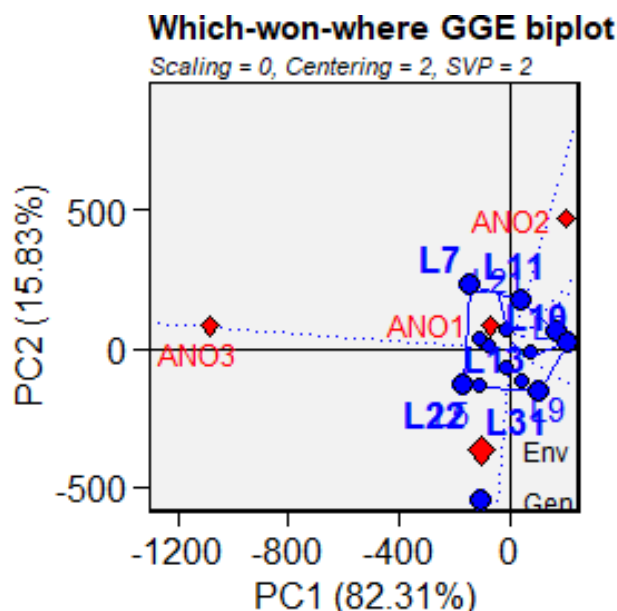


Figura 4. GGE *biplot* (“Which-won-where”) de entre treze linhagens de feijão-vagem avaliadas em diferentes anos no município de Alegre-ES.

Já os demais genótipos nos vértices do polígono e que não se agruparam em ano algum, foram os menos responsivos ao ano/ambiente de estudo. Para alguns autores como Karimizadeh et al. (2013), quando não há agrupamento nos ambientes, mesmo os genótipos estando nos vértices do polígono, eles podem ser descartados e considerado desfavoráveis para o ambiente/ano testado. Por outro lado, os genótipos que se encontram dentro do polígono, localizados com vetores menores são representados por desempenho produtivo baixo (Oliveira et al., 2018).

Como mostrado na figura 5, o *biplot* da PCA mostrou uma separação entre os genótipos produtivos quanto a média e a estabilidade. Nota-se mais uma vez que o L21 está acima da média geral do experimento, assim com sua estabilidade. Por outro lado, entre os genótipos estudados, de acordo com o *biplot* a L22, L10, L13 e L4 são mais instáveis, por estarem mais distantes da seta representada no centro do gráfico, assim como a L12, L9, L5 e L18 mostraram-se a mais estáveis dentre os genótipos estudados. Para Yan et al. (2007) e Yan (2011) a ferramenta utilizada mostra-se eficaz quanto a avaliação da média de produtividade *versus* a sua estabilidade do genótipo. A construção desse *biplot* é baseado em ($PVS = 1$), ou seja, os valores singulares são totalmente compartimentados para as características genóticas (Yan, 2002; Yan, 2011).

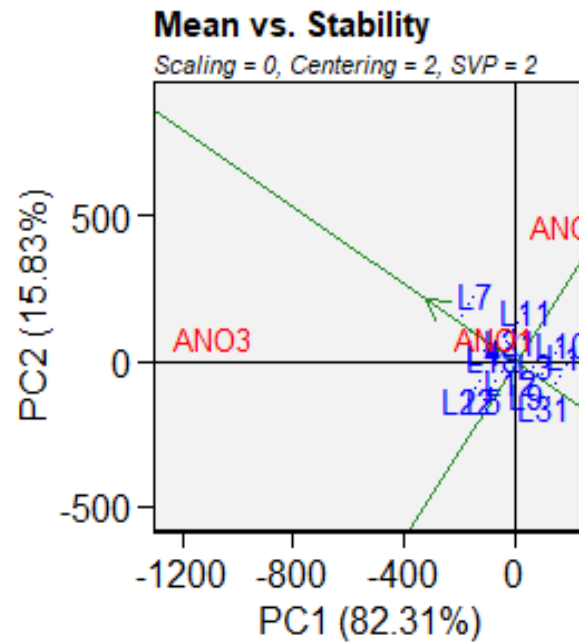


Figura 5. GGE *biplot* de médias e estabilidade entre treze linhagens de feijão-vagem avaliadas em diferentes anos no município de Alegre-ES.

Diferenças entre os genótipos e anos estudados na cultura do feijão-vagem foram encontradas, após experimentação a campo com os trezes materiais genéticos provenientes do Banco Germoplasma da UENF, e estão apresentadas na bi plotagem PCA (figura 6).

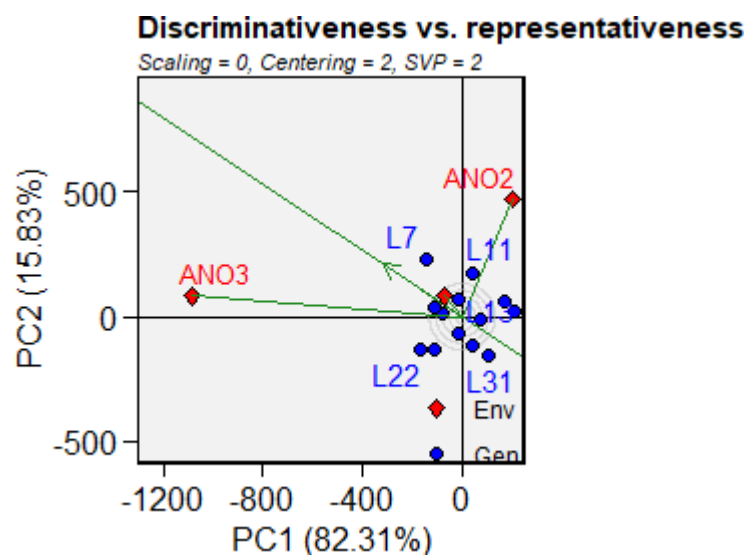


Figura 6. GGE *biplot* discriminação e representatividade entre treze linhagens de feijão-vagem avaliadas em diferentes anos no município de Alegre-ES.

Como mostrado na figura 6, o *biplot* da PCA mostrou uma clara separação entre os genótipos. De acordo com Hongyu (2015) a seleção de genótipo no ambiente deve apresentar maior discriminação e representatividade. No entanto os genótipos apresentados no centro do polígono no sentido da seta representam o desempenho produtivo.

A L12 no ano 1 foi superior e melhor representou por estar próximo ao centro do polígono, bem como da linha central representando a seta. Além disso, seu ângulo conforme mostrado foi menor quando comparado com as demais linhagens e cultivares. Cabe ressaltar que quanto maior o vetor do ano maior capacidade de discriminar as linhagens, como observado na figura 6 para o ano 3. Por outro lado, ao observar o genótipo L21, nota-se uma distância maior em relação ao centro do polígono, indicando alto desempenho da linhagem, assim como sua proximidade com o eixo principal. Por outro lado, as linhagens L10 e L22 foram as piores de acordo com a análise.

Ao observar a figura 7, o ranqueamento dos genótipos e dos anos “ideótipo”, mostraram alta estabilidade e produtividade superior à média geral, obtida nos anos de estudos.

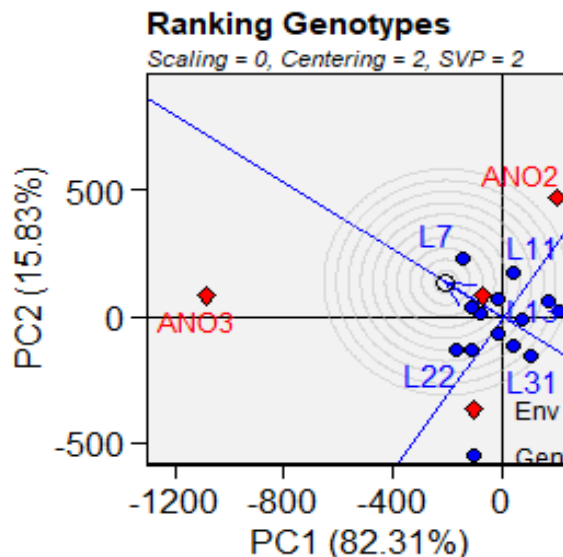


Figura 7. GGE *biplot* representando o genótipo ideótipo entre treze linhagens de feijão-vagem avaliadas em diferentes anos no município de Alegre-ES.

Portanto o genótipo “ideal” é representado pela maior proximidade do círculo concêntrico que neste caso foi a linhagem L21, seguido por L7, L12, L3 e L11. Neste *biplot* apresenta a estabilidade elevada, que quando associada ao desempenho

médio, o genótipo estável é selecionado pela alta *performance* (Yan & Tinker, 2006; Yan, 2011).

Já as linhagens L5 e L18 foram alocadas próximas à linha que passa pelo eixo central, representada pela linha com a seta, porém como não estão no círculo, estão longe de ser um genótipo ideal para os anos estudos. Além disso, as demais linhagens que estão abaixo fora do círculo concêntrico e abaixo da origem da figura são de menor desempenho, podendo ser descartadas no processo de seleção.

5. CONCLUSÕES

Os resultados da análise de GGE *biplot*, mostraram que os genótipos estudados apresentaram alta *performance* quando avaliado para produção de vagem. Portanto a linhagem L21 foi considerada como genótipo “ideal”.

Já para estabilidade a L21 foi destaque na produção, ficando acima da média experimental. Além disso, na análise do GGE *biplot* as linhagens L12, L9, L5 e L18, mostraram-se estáveis, sendo possíveis candidatas a indicação para a região Sul do Espírito Santo.

Quanto a representatividade as linhagens que se destacaram foram a L7 (‘UENF Goytacá’), L12, L11 e a cultivar L3(‘Top Seed Blue Line’).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, F. B.; Leal, N. R.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H. (2004). Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.3, p.547-552.
- Abu-Reidah, I. M., Arráez-Román, D., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Phytochemical characterization of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by using high-performance liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry. *Phytochemical Analysis*, Medford, v. 24, n. 2, p. 105-116.
- Alghamdi, S.S. (2007). Genetic behavior of some selected faba bean genotypes. In: *African Crop Science Conference Proceedings*. p. 709-714.
- Allard, R.W. (1960). *Principles of plant breeding*. New York: Willey. 485 p.
- Alam, T., Suryanto, P., Nurmalasari, A. I., Kurniasih, B. (2019) GGE-Biplot analysis for the suitability of soybean varieties in an agroforestry system based on kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) stands. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, v. 34, n. 2, p. 213-222.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Almeida, S.N.C., Thiebaut, J.T.L., Gravina, G.A., Araújo, L.C., Daher, R.F. (2014) Avaliação de características morfológicas e agronômicas de linhagens de feijão-de-vagem em Bom Jesus do Itabapoana-RJ, com potencial de recomendação. *Revista Vértices*, v. 16, n. 1, p. 39-50, 2014.
- Aviani, D. M., Santos, F. S. Uso de marcadores moleculares em proteção de cultivares. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Proteção de Cultivares no Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

- Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo, Brasília: Mapa/ACS, 2011. p.155-158.
- Aviani, D., Santos, F., Carvalho, I., Machado, V., & Pacheco, L. Abordagem sobre proteção e registro de cultivares. In: Faleiro, F. G., Farias Neto, A. L., Ribeiro Júnior, W. Q. (2008) (Ed.) Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.165-183.
- Badu-Apraku, B., Akinwale, R. (2012). Cultivar evaluation and trait analysis of tropical early maturing maize under Striga-infested and Striga-free environments. *Field Crops Research*, v. 121, n. 1, p. 186-194, 2011.
- Beebe, S. E., Rao, I. M., Blair, M. W., Acosta-Gallegos, J. A. (2010). Phenotyping common beans for adaptation to drought. In: Ribaut, J. M., Monneveux, P. (eds) Drought Phenotyping in Crops: From theory to Practice. Generation Challenge Program Special Issue on Phenotyping, p. 311–334.
- Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, I. M., Mosquera, G., Bueno, J. M., Blair, M. W. (2011) Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. *Crop adaptation to climate change*, p. 356-369.
- Bertoldo, J. G., Coimbra, J. L. M., Nodari, R. O., Guidolin, A. F., Hemp, S., Barili, L. D., Rozzeto, D. S. (2009). Stratification of the state of Santa Catarina in macro-environments for bean cultivation. *Crop Breeding & Applied Biotechnology*, v. 9, n. 4.
- Borém, A., Miranda, G. V. (2009) Melhoramento de plantas. 5. ed. Viçosa: UFV, Viçosa, 529p.
- Borém, A., Carneiro, J. E. S., Junior, J. P. (2015). Feijão do plantio a colheita. Viçosa: UFV, ed. 22, 384p.
- Borém, A., Miranda, G.V., Neto, R.F. (2017) Melhoramento de plantas. 7. ed. Viçosa: UFV, 543p.
- Brasil (2007) Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para inscrição no registro nacional de cultivares – RNC. Informe Técnico, Anexo IV, Brasília, 18p.
- Brasil (2016). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Formulário 3 - Espécies em regime de proteção: instruções de DHE e tabela de Descritores Mínimos.

- Ceagesp. (2012) Normas de Classificação – Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, 10 (1). São Paulo.
- Ciat (2007) Annual report 2007. Outcome line SBA-1. Improved beans for the developing world, p. 5–30.
- Corrêa, A. M., Teodoro, P. E., Gonçalves, M. C., Barroso, L. M. A., Nascimento, M., Santos, A., Torres, F. E. (2016). Artificial intelligence in the selection of common bean genotypes with high phenotypic stability. *Genetics and Molecular Research*. v. 15, p. 1-7.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2012). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa: UFV, 514p.
- Cruz, D. P., Gravina, G. A., Vivas, M., Entringer, G. C., Rocha, R. S., Jaeggi, M. E. P.C., Gravina, L. M., Pereira, I. M., Amaral Júnior, A. T., Moraes, R., Oliveira, T, B. A., Daher, R. F. (2020). Analysis of the phenotypic adaptability and stability of strains of cowpea through the GGE biplot approach. *Euphytica*, v. 216, n. 10, p. 160. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02693-9>
- Debouck, D. G. (1991) Systematics and morphology. In: Schoonhoven A and Voysest VO (ed.) Common beans: research for crop improvement. CIAT, Cali, p. 55-118.
- Debouck, D. G. (1999). Diversity in Phaseolus species in relation to the common bean. In Common bean improvement in the Twenty - first century. *Springer*, p. 25 - 52.
- Domingues, L. S., Ribeiro, N. D., Minetto, C., de Souza, J. F., & Antunes, I. F.. (2013). Metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação de linhagens de feijão promissoras para o cultivo no Rio Grande do Sul. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 3, p. 1065-1076. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p1065>.
- Fao - Food and Agriculture Organization (2019) Faostat, Database results. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em abril de 2023.
- Fao, (2013) Faostat, Database results. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD> Acesso em Janeiro de 2020.
- Faostat. (2019). Faostat, Database results Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em Fevereiro. 2019.
- Ferreira, F. M., Rocha, J. R. D. A. S. D. C., Alves, R. S., Malikouski, R. G., Peixoto, M. A., Oliveira, S. S., Aguiar, A. M., Bhering, L. L. (2021) GGE Biplot-based genetic selection to guide interspecific crossing in *Corymbia* spp. *Bragantia*, n. 80, p. 1-13.

- Filgueira, F. A. R. (2008) Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 321 p.
- Filgueira, F. A. R. (2012) Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 421p.
- Filgueira, F. A. R. (2013) Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 421 p.
- Francelino, F. M. A., Gravina, G. A., Manhães, C. M. C., Cardoso, P. M. R., Araújo, L. C. (2011). Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 554-562
- Gepts, P., Debouck, D. (1991). Origin, domestication and evolution of the common bean. *Hort Sci.* 73(3): 721 – 729.
- Gomes E. J. C., Peixoto, N., Santos, B. A. R., Portal, R. K. V. P. (2016). Produtividade de linhagens promissoras de feijão-vagem de crescimento indeterminado. In: Congresso Brasileiro De Olericultura, 54. Anais... Recife: *Associação Brasileira Horticultura*, p. 366.
- Gonçalves, G. D. M. C., Ferreira-Gomes, R. L., Lopes, Â. C. D. A., & Vieira, P. F. D. M. J. (2020). Adaptability and yield stability of soybean genotypes by REML/BLUP and GGE Biplot. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 20, p. 1-9. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n2a33>
- Gupta, V., Kumar, M., Singh, V., Chaudhary, L., Yashveer, S., Sheoran, R., Nagpal, S. (2022). Genotype by Environment Interaction Analysis for Grain Yield of Wheat (*Triticum aestivum* (L.) em. Thell) Genotypes. *Agriculture*, v. 12, n. 7, p. 1002.
- Granval De Millan, N. I. (1990). *Aspectos prácticos del mejoramiento y la producción de semilla de poroto chaucha*. In: curso/taller en tecnologia de producción de semillas hortícolas para pequeños tores. Mendoza, INTA/FAO, p.205-226.
- Guimarães, C. M. (1998). Efeitos Fisiológicos Do Estresse Hídrico. In: Zimmermann, M. J. De O., Rocha, M., Yamada, T. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. *Potafos*, p.157-174.
- Hall, A. E (2004) Comparative ecophysiology of cowpea, common bean, and peanut. In: HT Nguyen and A Blum (eds) *Physiology and Biotechnology Integration for Plant Breeding*, pp. 271–325.

- Hongyu, K., Silva, F. S., Oliveira, A. C. S., Sarti, D. A., Araújo, L. B., Dias, C. T. S. (2015.) Comparison between AMMI models and GGE biplot for multi-environment trials. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.33, n.2, p.139-155.
- Incapere. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (2017) O Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba é uma publicação trimestral do INCAPER. Vitória/ES. Ano III. Nº 12. Dezembro de 2017. Disponível em: https://biblioteca.incapere.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/2976/1/Boletim_Conjuntura-Agropecuaria-out-dez-2017.pdf. Acesso em: fevereiro 2018.
- Inmet. Instituto Nacional de Meteorologia (2023). Acessado em: junho 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.
- Jaeggi, M. E. P. C. (2021) *Potencial de linhagens de feijão-de-vagem no Sul Capixaba via ensaio de VCU*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 57p.
- Jesus, O. N., Oliveira, E. J., Soares, T. L., Faleiro, F. G. T. L.; Girardi, E. A. (2016). *Descritores morfoagronômicos ilustrados para Passiflora spp.* Brasília, DF: Embrapa. 122p.
- Jesus, O. N., Oliveira, E. J., Soares, T. L., Faleiro, F. G. (2015). *Aplicação de descritores morfoagronômicos utilizados em ensaios de DHE de cultivares de maracujazeiro-doce, ornamental, medicinal, incluindo espécies silvestres e híbridos interespecíficos (Passiflora spp.): manual prático.* Brasília, DF: Embrapa, 45p.
- Kaplan L (1981) What is the origin of the common bean. *Economic Botany*, v. 35, p. 40-257.
- Kaplan, L., Lynch, T. F., Smith Jr, C. E. (1973) Early cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*) from an intermontane Peruvian valley. *Science*, v. 179, n. 4068, p. 76-77.
- Karimizadeh, R., Mohammadi, M., Sabaghni, N., Mahmoodi, A. A., Roustami, B., Seyyedi, F., Akbari, F. (2013) GGE biplot analysis of yield stability in multi-environment trials of lentil genotypes under rainfed condition. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 5, n. 2, p. 256-262. <https://doi.org/10.15835/nsb529067>
- Krause, W., Rodrigues, R., Leal, N. R. (2012). Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, p.522-531.
- Machado, R. Z. (2011) Elaboração de diretrizes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE). In: *Proteção de cultivares no Brasil/Ministério da Agricultura*,

- Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS. *Proteção de cultivares no Brasil*, p. 121-142.
- Mandel, J. (1971). A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics*, v.13, p.1-18. Disponível em: <http://www.jstor.org/pss/1267072>. Acesso em: 10 março. 2023.
- Mohammadi, R.; Amri, A. (2009). Analysis of genotype x environment interactions for grain yield in durum wheat. *Crop Science*, v.49, n.4, p.1177-1186.
- Mohammadi, R., Amri, A. (2013). Genotype x environment interaction and genetic improvement for yield and yield stability of rainfed durum wheat in Iran. *Euphytica* 192, 227–249.
- Moreira, R. M. P., Ferreira, J. M., Takahashi, L. S. A., Vasconcelos, M. E. C., Geus, L. C., Botti, L. (2009). Potencial agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, n. 4Sup1, p. 1051-1060.
- Nascimento, W. M., Da Silva, P. P. (2012) Tratamentos de sementes visando o estabelecimento de plântulas. In: Embrapa Hortaliças-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Curso Sobre Tecnologia De Produção De Sementes De Hortaliças, 12, Mossoró, RN. Palestras... Brasília, DF: Embrapa.
- Néri, H. R., Vidal, V. L., Peixoto, N., Coelho, M., Portal, R. V. P., Leão-Araujo, É. F. (2020) Produção de sementes de genótipos arbustivos de feijão-vagem nos sistemas convencional e orgânico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, n. 1, p. 5684.
- Oliveira Júnior, J. C. D. E. (2014) *Comparação de genótipos de feijão-de-vagem por meio de curvas de crescimento, utilizando identidade de modelos lineares de regressão*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Curso Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 60f.
- Oliveira, T. R. A., Gravina, G. A., Oliveira, G. H. F., Araújo, K. C., Araújo, L. C., Daher, R. F., Vivas, M., Gravina, L. M., Cruz, D. P. (2018) The GT biplot analysis of 59 green bean traits. *Ciência Rural*, v. 48, p. 1-6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170757>. Acesso em: 10 março 2023.
- Olivoto, T., Lúcio, A. D. (2020). metan: an R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 11, n. 6, p. 783-789

- Olivoto, T., Nardino, M., Carvalho, I. R., Follmann, D. N., Ferrari, M., Szarecki, V. J., De Souza, V. Q. (2017) REML/BLUP and sequential path analysis in estimating genotypic values and interrelationships among simple maize grain yield-related traits. *Genetics and Molecular Research*, v. 16, n. 1, p. 1-19.
- Paramesh, M., Reddy, D. M., Priya, M. S., Sumathi, P., Sudhakar, P., & Reddy, K. H. P. (2016). GT biplot analysis for yield and drought related traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Electronic Journal of Plant Breeding*, v. 7, n. 3, p. 538-543.
- Peixoto N, Braz L.T., Banzatto D. A., Oliveira A. P. (2002). Adaptabilidade e estabilidade e feijão-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, v. 20, p. 616-618.
- Peixoto, N., Cardoso, A. I. I. (2016). Cultura do feijão-vagem. In: NASCIMENTO, W. M. (Ed.). *Hortaliças leguminosas* Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 102-126.
- Peixoto, N., Lago, H., Peixoto, F. (2012). Produção de sementes e vagens de feijão-vagem arbustivo em Ipameri-GO. *Horticultura Brasileira*, v. 30, p. S4130-S4135.
- Pereira, H. S., Melo, L. C., de Faria, L. C., Díaz, J. L. C., Del Peloso, M. J., da Costa, J. G. C., & Wendland, A. (2009a) Stability and adaptability of carioca common bean genotypes in states of the Central South Region of Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 9, n. 2.
- Pereira, H. S., Melo, L. C., Faria, L. C. D., Del Peloso, M. J., Costa, J. G. C. D., Rava, C. A., Wendland, A. (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p. 29-37.
- Pereira, I. M. (2019) *Caracterização morfológica de linhagens de feijão-de-vagem promissoras para o Sul Capixaba*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – (UENF), 58p.
- Pimentel-Gomes, F. (2009). Curso de estatística experimental 15 ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 451 p.
- Polhill, R. M., Raven, P. H., Stirton, C. H., Herendeen, P. S., & Bruneau, A. (1981). Evolution and systematics of the Leguminosae. In: Polhill RM and Raven PH (eds.) *Advances in legume systematics*. *Royal Botanic Gardens, Kew*, p.1-26.
- Porch, T. G., Bernsten, R., Rosas, J. C., Jahn, M. (2007). Climate change and the potential economic benefits of heat tolerant bean varieties for farmers in Atlantida,

- Honduras. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. V. 91, n. 3/4, p133 – 148.
- Prezotti, L. C., Oliveira, J., Gomes, J., & Dadalto, G. (2013). Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rainey, K., Griffiths, P. (2003) Evaluation of common bean yield components under heat stress. *HortScience*, v. 38, n. 5, p. 682.
- Rao, I. M. (2001) Role of physiology in improving crop adaptation to abiotic stresses in the tropics: The case of common bean and tropical forages. In: *Handbook of plant and crop physiology*. CRC Press. p. 605-636.
- Rao, I. M., Beebe, S., Ricaurte, J., Cajiao, C., Polania, J., García, R. (2007) Phenotypic evaluation of drought resistance in advanced lines of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: *Proceedings of the ASA-CSSA-SSSA International Annual Meeting, New Orleans*. p. 4-8.
- Rao, I. M., Beebe, S. E. P. (2009) Physiological basis of improved drought resistance in common bean: the contribution of photosynthate mobilization to grain. Paper presented at Interdrought III: *The 3rd International Conference on Integrated Approaches to Improve Crop Production Under Drought-Prone Environments*, p. 11–16.
- Rocha, R. S., Santos, P. R., Oliveira, T. R. A., Daher, R. F., Nascimento, M. R., Souza, A. G., Oliveira, L. J. S., Silva, K. R. G., Costa, K. D. S., Costa, A. F., And Santos, H. P. (2020) Estimation of adaptability and stability of early strains of 'Carioca' and black beans (*Phaseolus vulgaris*) in Pernambuco State, Brazil. *Australian Journal of Crop Science*, v. 14, n. 2, p. 263-270. <https://doi.org/10.2145/ajsc.20.14.02.p2121>. Acesso em: 10 janeiro 2024.
- Sant'anna, C.Q.S.S., Oliveira, T. R. A., Gravina, G., A., Cruz, D. P., Gomes, A. B. S., Daher, R. F., Vivas, M., Oliveira, G. H. F., Entringer, G. C., Coelho, F. C. (2020). Distinctness, Uniformity and Stability and GT Biplot Tests for the Selection of Snap Bean Lines. *Horticultura Brasileira*, v. 38, p. 370-377.
- Santos, F.S., Machado, R.Z. (2011) Analisando a estabilidade. *Proteção de cultivares no Brasil*, p. 183-185.
- Silva, C.Q., Rodrigues, R., Bento, C.S., Pimental, S. (2017) Heterosis and combining ability for ornamental chili pepper. *Horticultura Brasileira*, v. 35, p. 349-357.

- Silva, H. T., Costa, A. O. (2003) Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae). Embrapa Arroz e Feijão, 21ed. 40 p.
- Silva, R. R., Benin, G. (2012). Análises *Biplot*: conceitos, interpretações e aplicações. *Ciência Rural*, v. 42, p. 1404-1412.
- Silva, J. L. T., Cavalcante, M., Barros, J. A. S. (2022). Stability and adaptability of lettuce cultivars on different substrates. *Comunicata Scientiae*, v. 14, p. 1-9.
- Seyoum, A., Semahegn, Z., Nega, A., Siraw, S., Gebreyohannes, A., Solomon, H.; Tirfessa, A. (2020). Multi-environment evaluation and Genotypex Environment interaction analysis of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes in highland areas of Ethiopia. *American Journal of Plant Science*, v. 11, n. 12, p. 1899-1917.
- Tarapanoff, K. (1989) O profissional da informação em áreas de ciência e tecnologia no Brasil: características e tendências. *Ciência da informação*, v. 18, p. 103-119.
- Trani, P. E., Passos, F. A., Pereira, J. E., Semis, J. B. (2015) Calagem e adubação do feijão-vagem, feijão-fava (ou fava-italiana), feijão-de-lima e ervilha torta (ou ervilha-de-vagem), (1 ed.) Editora IAC, Campinas, 15p.
- Vaz, D. C., Júnior, O. P. M., Peixoto, N. (2017). Agro-morphological characterization and genetic divergence assessment in bush snap bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, p. 134-144.
- Venzon, M., Paula Júnior, T. J. (2007). *Culturas – Manual de tecnologia agrícolas*. Belo Horizonte: EPAMIG –Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. p. 359.
- White, J., W., Hoogenboom, G., Jones, J., W. (1995). Evaluation of the dry bean model BEANGRO V1. 01 for crop production research in a tropical environment. *Experimental Agriculture*, v. 31, n. 2, p. 241-254.
- Wickham, H. (2009). Elegant graphics for data analysis (ggplot2). *Applied Spatial Data Analysis R*, v. 784, p. 785,
- Yan, W. (2002). Singular-value partition for biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, v.94, n.5, p.990-996.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Science*, v.40, n.3, p.597-605. Disponível em: <https://www.crops.org/publications/cs/articles/40/3/59>. Acesso em: 20 jan, 2023. doi: 10.2135/cropsci2000.403597x.

- Yan, W. (2011) GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the India Society of Agricultural Statistics*, v.65, n.2, p.181-193.
- Yan, W. (2002). Singular-value partition for biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, v.94, n.5, p.990-996.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop science*, v. 40, n. 3, p. 597-605.
- Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S., & Cornelius, P. L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, v.47, n.2, p.643-653.
- Yan, W., Kang, M. S. (2003). *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.271p.
- Yan, W., Holland, J. B. A. (2010). Heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. *Euphytica*. v.171, n.3, p.355-369.
- Yan, W., & Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, v.86, n.3, p.623-645.
- Yang, R. C., Crossa, J., Cornelius, P. L., Burgueño, J. (2009) Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. *Crop Science*, v. 49, n. 5, p. 1564-1576.
- Yan, W. (2015) Mega-environment analysis and test location evaluation based on unbalanced multiyear data. *Crop Science*, v. 55, n. 1, p. 113-122.
- Yuan, M., Ruark, M. D., & Bland, W. L. (2017). A simple model for snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) development, growth and yield in response to nitrogen. *Field Crops Research*, v. 211, p. 125-136.
- Zobel, R. W., Wright, M. J., & Gauch Jr, H. G. (1988). Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy journal*, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1988. Disponível em: <https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/80/3/AJ0800030388?access=0&view=pdf>. Acesso em: 10 março. 2023. doi: 10.2134/agronj1988.00021962008000030002x v.80, n.3, p.388-393.