

THALYSON VASCONCELOS LIMA

**EFICIÊNCIA EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE VCU DE FEIJÃO COMUM NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

**RECIFE-PE
2017**

THALYSON VASCONCELOS LIMA

**EFICIÊNCIA EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE VCU DE FEIJÃO COMUM NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Orientador: Prof. Dr. José Wilson da Silva

**RECIFE-PE
2017**

THALYSON VASCONCELOS LIMA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

L732e Lima, Thalyson Vasconcelos
Eficiência experimental em ensaios de VCU de feijão comum no
Estado de Pernambuco / Thalyson Vasconcelos Lima. – 2017.
49 f. : il.

Orientador: José Wilson da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia –
Melhoramento Genético de Plantas, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. *Phaseolus vulgaris* 2. Avaliação 3. Parâmetros estatísticos
I. Silva, José Wilson da, orient. II. Título

CDD 581.1

THALYSON VASCONCELOS LIMA

**EFICIÊNCIA EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE VCU DE FEIJÃO COMUM NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: 21/07/2017.

ORIENTADOR:



Prof. Dr. José Wilson da Silva
(DEPA / UFRPE)

EXAMINADORES:



Dr. Antonio Félix da Costa
(PESQUISADOR / IPA)



Profª. Dra. Gheysa Coelho Silva
(DEPA / UFRPE)

RECIFE – PE
Julho, 2017

“Lâmpada para os meus pés é a tua palavra
E, luz para os meus caminhos”
SALMOS 119:105

A Jeová Deus,
Ofereço

Aos meus pais Cleomar F. Lima e M^a Ivane de Melo, meu irmão Thalys Vasconcelos, por todo o amor e dedicação para comigo, à minha família pelo carinho e apoio dispensados em todos os momentos que precisei.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Jeová Deus, que foi e sempre será meu guia, que iluminou meus caminhos e de toda minha família, dando-me forças e coragem para continuar nos momentos difíceis dessa árdua e longa caminhada. Aos meus pais, Cleomar Ferreira Lima e Maria Ivane de Melo Vasconcelos Lima, que são meu porto seguro, pelo exemplo de vida, perseverança e vitória, pelos anos de dedicação, pelas noites acordada, pelo incentivo, apoio incondicional e financeiro, sem os quais eu não estaria aqui hoje;

Aos meus avós paternos Elias Ferreira Lima (*in memoriam*) e Domingas Ferreira Lima (*in memoriam*), meus avós maternos Vicente Ferreira de Vasconcelos e Maria Cardoso de Melo, pelo imenso carinho dedicado a mim;

Aos meus irmãos, Thalys Vasconcelos Lima e Maria de Fátima da Silva Moraes, em especial a Thalys, que sempre me ajudou, incentivou e esteve comigo em todas as decisões da minha vida profissional;

Aos meus tios e familiares, em especial a Josimar de Melo Vasconcelos pelos momentos de descontração, conversas, ensinamentos, conselhos e pelo apoio incondicional aos meus estudos aos quais serei grato por toda vida;

Agradeço também à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Mestrado em Agronomia-Melhoramento Genético de Plantas e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa. Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e ao pesquisador Dr. Antonio Félix da Costa pela amizade, paciência, disponibilidade e horas cedidas ao meu aprendizado, aprendizado este que levo comigo para toda a vida, também pela disponibilidade de todo o material que serviu como base para a elaboração desse trabalho para o qual seu auxílio foi imensurável;

Ao meu orientador Prof. Dr. Jose Wilson da Silva, pela orientação, paciência e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho. Pelos ensinamentos oferecidos durante o período em que estivemos juntos, que servirão para toda minha vida

profissional. À Dra. Emmanuelle Rodrigues Araújo pela amizade, conhecimentos transmitidos e incentivo constante que contribuiu imensamente para o êxito desse trabalho;

Aos meus grandes amigos do curso de Pós-Graduação aqui conquistados, Ricardo Valadares, Daurivane Rodrigues, Jackline Terto, Jamíle Medeiros, Roberta Rocha, Flávia Gomes, Talyta Magalhães, Sérgio Santana, Djayran Sobral, Tonny Cantarely, Dulcineia Freitas, Gérsia Gonçalves e Edilton Cavalcanti que contribuíram direta ou indiretamente nesse trabalho, pela grande amizade e aos laços que permanecerão para sempre, pela contribuição dos amigos Islan Diego Espindula de Carvalho e Carla Caroline Alves que me apoiaram na realização deste trabalho, aos quais lhes desejo muitas felicidades e muito sucesso a cada um de vocês na vida pessoal e profissional;

A todos os professores do programa de pós-graduação em Melhoramento Genético de Plantas, pelos ensinamentos e dedicação que tiveram grande importância na minha vida acadêmica, contribuindo para minha formação. A todos aqueles que porventura não tenham sido citados, mas que com certeza contribuíram imensamente para a concretização desta pesquisa.

Meu muito obrigado!

LISTA DE ABREVIATURAS

AS: Acurácia seletiva

CVe: Coeficiente de variação experimental

Fi: Frequência simples

Fr: Frequência relativa

IPA: Instituto Agrônomo de Pernambuco

VCU: Valor de cultivo e uso

QM_B: Quadrado médio dos blocos

QM_T: Quadrado médios dos tratamentos

QM_E: Quadrado médio do erro

CVg: Coeficiente de variação genético

h²: Herdabilidade

A: Amplitude

D: diferença mínima significativa

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Frequência simples (F_i) e relativa (F_r) de 63 ensaios de VCU conduzidos no estado de Pernambuco quanto à faixa de precisão experimental de acordo com a acurácia

seletiva.....42

Tabela 2. Coeficiente de correlação linear (r) entre a acurácia seletiva (AS) e 13 parâmetros estatísticos, valores máximos, mínimo, média, desvio padrão (dp), e o coeficiente de variação (CVe) com base nos 63 ensaios de VCU de feijão, em relação à produtividade de grãos

.....43

Tabela 3. Acurácia seletiva (AS), média de produtividade de grãos (kg/ha), coeficiente de variação experimental (CVe), diferença mínima significativa pelo teste de Tukey (D) e hipótese adotada do teste F para diferença entre os genótipos (H_0 e H_1) para os ensaios de feijão de baixa precisão experimental $AS \leq 0,5$

.....44

Tabela 4. Acurácia seletiva (AS), média de produtividade de grãos (kg/ha), coeficiente de variação experimental (CVe), diferença mínima significativa pelo teste de Tukey (D) e hipótese adotada do teste F para diferença entre os genótipos (H_0 e H_1) para os ensaios de feijão como critério para descarte de $P(CVe \geq 28,8)$

.....45

Tabela 5. Estimativa do número de repetições (η), coeficiente de determinação médio (R^2) dos ensaios quanto à classe experimental para 63 ensaios de VCU.....46

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Gráfico de distribuição do percentual dos 63 ensaios de feijão comum quanto às classes de precisão experimental no Estado de Pernambuco.....47
- Figura 2.** Valores de acurácia seletiva (AS) e coeficiente de variação experimental (CVe) para ensaios de VCU de feijão com alta e muito alta precisão experimental no Estado de Pernambuco48
- Figura 3.** Número de repetições (η) associado ao coeficiente de determinação (R^2) estimado para o caráter produtividade em ensaios experimentais de feijão no Estado de Pernambuco49

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Origem e aspectos botânicos do feijão	17
2.2. Importância socioeconômica	18
2.3. Melhoramento genético do feijão comum	20
2.4. Precisão experimental e os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) ...	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO II	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

RESUMO

Eficiência experimental em ensaios de VCU de Feijão comum no Estado de Pernambuco

No Brasil, são conduzidos todos os anos inúmeros experimentos de competição de genótipos visando à recomendação de cultivares melhoradas. Nestes ensaios, devem-se seguir às exigências estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, órgão que normatiza esses experimentos e denomina como Valor de Cultivo e Uso (VCU). As normas do VCU de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) preconizam que os experimentos devem ser conduzidos em pelo menos três locais, nas safras representativas de cada região, durante dois anos. Estudos recentes têm apontado inadequado uso do valor do coeficiente de variação na avaliação de experimentos como único critério de precisão experimental. Com a ausência de trabalhos na área de precisão experimental de VCU para o Estado de Pernambuco, objetivou-se com este trabalho avaliar estratégias para a avaliação da precisão experimental de ensaios de linhagens de feijão comum no Estado de Pernambuco, buscando melhorar o uso das ferramentas estatísticas CV, F e Acurácia Seletiva, para a seleção de novas cultivares. Trabalhos recentes sugerem que para se atingir uma meta de acurácia de 90%, os valores do teste F, associados aos efeitos de cultivares, na análise da variância, devem ser superiores a 5,0. Com base nos resultados obtidos pode-se afirmar que 60,31% dos ensaios de valor de cultivo e uso de feijão comum possuem precisão alta e muito alta. Essas informações poderão, no futuro, ser utilizadas por ocasião da revisão das normas do VCU pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para orientar os obtentores de cultivares.

Palavras chaves: *Phaseolus vulgaris*, avaliação, parâmetros estatísticos.

ABSTRAT

Experimental efficiency in VCU tests of common Beans in the State of Pernambuco

In Brazil, several genotype competition experiments are conducted every year aiming at the recommendation of improved cultivars. In these tests, the requirements established by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply must be followed, which regulates these experiments and denominates as Value of Cultivation and Use (VCU). The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) VCU standards recommend that experiments should be conducted in at least three locations in the representative crops of each region for two years. Recent studies have pointed to the inadequate use of the coefficient of variation in the evaluation of experiments as the sole criterion of experimental precision. With the absence of studies in the experimental area of VCU for the State of Pernambuco, the objective of this work was to evaluate strategies for the evaluation of the experimental precision of trials of common bean lines in the state of Pernambuco, seeking to improve the use of tools CV, F and Selective Accuracy, for the selection of new cultivars. Recent work suggests that in order to achieve an accuracy target of 90%, the F test values associated with the effects of cultivars in the analysis of variance should be greater than 5.0. Based on the results obtained it can be affirmed that 60.31% of the trials of value of cultivation and use of common beans have high and very high precision. This information may in the future be used when the VCU is revised by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply to guide breeders.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, evaluation, statistical parameters.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes e tradicionais culturas agrícolas do Brasil. Cultivado principalmente por agricultores familiares, tem exercido uma importante função social como gerador de trabalho e renda no campo. Tradicionalmente consumido no Brasil, o feijão é uma das principais fontes alimentares do brasileiro. É um alimento de excepcional valor nutritivo por ser rico em vitaminas do complexo B, fibras, carboidratos e proteínas de teor complementar às dos cereais, além de ser pobre em gorduras e possuir baixo custo (Borges 2007).

O feijoeiro é cultivado desde da agricultura de subsistência até sistemas agrícolas mais modernos em tecnologias de produção. Essa ampla diversidade de condições ambientais em que o feijoeiro comum é produzido requer cultivares adaptadas às diferentes condições de cultivo (Embrapa Arroz e Feijão 2007).

No Brasil são conduzidos todos os anos inúmeros experimentos de competição de genótipos visando o processo de recomendação de cultivares melhoradas. Nestes ensaios devem-se seguir as exigências propostas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que estabelece uma série de normas para determinar o valor de uma nova cultivar visando o seu registro, denominadas Valor de Cultivo e Uso (VCU). As normas para VCU de feijão preconizam algumas exigências básicas para que uma cultivar possa obter o Registro Nacional de Cultivares (RNC): que os experimentos sejam conduzidos em pelo menos três locais, nas safras representativas de cada região, durante dois anos agrícolas (Brasil 2007).

Devido à importância destes ensaios, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando estabelecer parâmetros estatísticos para a avaliação da precisão e eficiência de tais experimentos. Com essa finalidade, realizam-se ensaios de competição de genótipos em distintos locais, épocas e regiões do país, cujas linhagens com melhor desempenho são registradas e lançadas no mercado, onde melhor se adaptam. Com o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes ambientes pelas instituições de pesquisa, tornou-se possível produzir feijão durante o ano todo e com ganhos de produtividade (Abreu et al. 1994).

As diferenças genéticas entre as linhagens a serem detectadas nos experimentos são cada vez menores. Por esta razão, devem-se procurar alternativas para que seja possível identificar essas diferenças (Kempton and Fox 1997). Entre elas estão o número de repetições, o tamanho e o formato das parcelas, o nível de significância aceitável para o erro tipo I e o emprego de variáveis ambientais como covariável, necessitando que as cultivares selecionadas sejam testadas em diversos ambientes (locais, épocas de cultivo e diferentes anos), visando uma maior segurança quanto à sua seleção e recomendação (Ramalho et al. 2012, Cruz et al. 2014).

Para a avaliação da precisão desses experimentos, entre outros parâmetros, a maioria dos pesquisadores utiliza o coeficiente de variação. Gomes (2000) considera os coeficientes de variação como baixos, quando apresentam valores inferiores a 10%; médios quando variam de 10% a 20%; altos quando estão entre 20% e 30% e muito altos quando são superiores a 30%.

Entretanto, de acordo com Resende (2007), o coeficiente de variação de no mínimo 20% e três repetições são inadequados para informar sobre a qualidade de ensaios cujo propósito é predizer o VCU, devendo levar em consideração o número de repetições e também o valor do teste F, que desta forma, são mais adequados para este fim, devendo ser empregados para inferir sobre a acurácia seletiva e a precisão destes ensaios.

Trabalhos recentes discutem as vantagens do uso conjunto das estatísticas como herdabilidade, coeficiente de determinação, número de repetições, valor do teste F e acurácia para avaliar a precisão de experimentos e lançamentos de cultivares (Cargnelutti Filho and Storck 2007, Resende and Duarte 2007).

Desta forma, dentre os diversos parâmetros estatísticos utilizados na avaliação de experimentos e com poucos trabalhos quanto à precisão experimental para ensaios de VCU no Estado de Pernambuco, objetivou-se com esse trabalho avaliar estratégias quanto a precisão experimental de ensaios de linhagens de feijão comum no Estado de Pernambuco, buscando melhorar o uso das ferramentas estatísticas CV, F e Acurácia Seletiva para a seleção de cultivares em ensaios de VCU.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Origem e aspectos botânicos do feijão

A família Fabaceae compreende 650 gêneros, englobando cerca de 18.000 espécies, distribuídas nas subfamílias Caesalpinioideae, Faboideae e Mimosoideae (Polhill et al., 1981). Dentre os 650 gêneros, *Phaseolus* é representado por 55 espécies e apenas cinco são cultivadas: *Phaseolus acutifolius* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus polyanthus* Greenman e *Phaseolus vulgaris* L. A espécie *P. vulgaris* destaca-se por ser a espécie cultivada mais antiga e mais difundida no mundo e, em alguns locais, é considerada um alimento essencial (Singh 2001, Cronquist 1998).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à classe Dicotiledônea, subclasse Rosidae, ordem Fabales e família Fabaceae (Silva and Costa 2003). É uma espécie diplóide, com $2n = 2x = 22$ cromossomos (Borém 2009).

O gênero *Phaseolus* é originário do Continente Americano (Singh 2001) e compreende 50 espécies (Debouck 1991, Zizumbo-Villarreal et al. 2005). Destas, apenas cinco foram domesticadas: feijão comum (*P. vulgaris* L.), feijão-de-lima (*P. lunatus* L.), feijão-ayocote (*P. coccineus* L.), feijão tepari (*P. acutifolius* A. Gray) (Debouck 1991, Singh 2001), e *P. dumosus* (antigo *P. polyanthus* Greeman) (Gepts 2005).

O feijão é uma espécie predominantemente autógama, portanto, multiplica-se por autofecundação, devido a estrutura morfológica da flor, na qual os estames e o estigma são bem protegidos pelas pétalas, e porque os grãos de pólen começam a cair sobre o estigma por ocasião da abertura da flor. Entretanto, os insetos podem ocasionar pequenas taxas de fecundação cruzada (Paternelli and Borém 2009).

A hipótese mais aceita referente à origem do feijão é que a partir de uma área central nas encostas ocidentais dos Andes no norte do Peru e do Equador, os grãos foram dispersos ao Norte (Colômbia, América Central e México) e ao sul (Bolívia, Argentina e sul do Peru), resultando em dois conjuntos gênicos Mesoamericano e Andino (Bitocchi et al. 2012).

O feijão comum possui folhas trifolioladas alternas; a sua inflorescência é um rácimo que pode ser axilar ou terminal. As plantas são essencialmente classificadas quanto ao seu hábito de crescimento, podendo ser determinadas ou indeterminadas. O hábito de crescimento é definido pelo crescimento do caule e hábito de florescimento da planta, entre outras características. Plantas que possuem hábito de crescimento determinado tendem a desenvolver inflorescência no ápice do caule e dos ramos laterais, apresentam número limitado de nós, e o seu florescimento acontece do ápice para a base da planta (Silva 2005).

Podem ser classificados em quatro os principais tipos de crescimento de plantas: tipo I, onde a planta tem crescimento determinado e arbustivo; tipo II, a planta tem crescimento indeterminado e guia curta; tipo III, plantas tem crescimento indeterminado e guia longa; e tipo IV, semelhante ao tipo III, porém, as plantas são mais volúveis e com internódios mais longos (Santos and Gavilanes 2006).

O fruto é tipo legume, denominado vagem, formado de duas valvas unidas por duas suturas. O feijão possui semente exalbuminosa, ou seja, sem albume. Quanto à diversidade de cores que podem apresentar o tegumento das sementes, pode variar do preto ao branco, bege, amarelo, marrom, vermelho, róseo, podendo ter coloração uniforme ou apresentar estrias, manchas ou pontuações; e ser opaco, brilhoso ou de brilho intermediário; com presença ou ausência de halo (Debouck 1991, Santos and Gavilanes 2006, Silva 2005).

2.2. Importância socioeconômica

O feijão comum é um dos produtos agrícolas de alta expressão econômica e nutricional, sendo alimento básico na alimentação tanto em países subdesenvolvidos quanto em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais, particularmente nas Américas e no Leste e Sul da África. Detém um alto teor proteico, que varia de 20 a 28%, além de possuir elevado conteúdo de carboidratos, fibras e considerável teor de ferro (Yokoyama et al. 1996).

Cultivado em mais de 100 países é, conforme estatísticas da FAO para o ano de 2015, considerando todos os gêneros e espécies de feijão, a produção

mundial média foi 23,3 milhões de toneladas dos quais os sete principais países produtores de feijões secos e que juntos respondem a cerca de 52% da produção mundial são: Índia (14%), Mianmar (13%), Brasil (11%) que é o terceiro maior produtor, seguidos por EUA (4%), China e México (4%) e Tanzânia (3%), respectivamente (Fao 2015).

No Brasil foram produzidas cerca de 3,38 milhões de toneladas em 2016, alcançando um rendimento médio de 1,127 Kg/ha numa área total cultivada de 3,04 milhões de hectares. O consumo total de feijão nacional tem variado entre 3,3 e 3,6 milhões de toneladas, em razão da disponibilidade interna e dos preços praticados no mercado que induzem o consumidor na aquisição de mais ou menos produto, ou seja, a procura tem sido maior que a oferta no mercado local (Conab 2016).

De forma geral, a produção brasileira tem abastecido o mercado interno, com exceção para os grãos de tipo preto e branco, dependendo de importações para atender às demandas do mercado consumidor. Em 2008 foram importadas 172 mil toneladas de feijão preto, principalmente da Argentina, China e Bolívia (Agrianual 2010).

O feijão é um dos alimentos mais importantes na dieta dos brasileiros, pois é considerado a principal fonte de proteínas de consumo diário e destaca-se por ser um produto de alta relevância socioeconômica (Carneiro and Parré 2005).

Quando comparado à proteína de origem animal, o feijão apresenta menor custo, contribuindo com uma média de 20% da necessidade diária de proteína. O amido armazenado nos grãos ocupa aproximadamente 65% da composição total, já as fibras de celulose e hemicelulose ocupam cerca de 7% do mesmo (Bassinello 2007).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais do feijão comum, entretanto, o cultivo de feijão por área ainda apresenta pouco rendimento, sendo que as prováveis causas estão associadas a pragas e doenças, baixa fertilidade, elementos tóxicos no solo, o que leva a uma redução no desenvolvimento do sistema radicular, bem como baixa qualidade fisiológica das sementes, utilização de sementes sem tratamento sanitário adequado, o que gera problemas

relacionados a germinação e propagação de doenças no campo (Souza et al. 2006, Vieira and Rava 2000).

2.3. Melhoramento genético do feijão comum

Conhecida a grande magnitude da cultura, programas de melhoramento do feijão comum têm sido conduzidos no Brasil por algumas instituições de pesquisa, que vêm suprindo o mercado com novas cultivares. Destacam-se, com programas de melhoramento do feijoeiro, a Embrapa Arroz e Feijão e a Embrapa Clima Temperado, a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (Epaming), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), além de outras instituições que buscam o desenvolvimento de novas cultivares adequadas para cada região.

No Estado de Pernambuco, os trabalhos de pesquisa com feijão tiveram início no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), no ano de 1960, que se tornou possível a partir do convênio firmado entre o IPA e a SUDENE, por meio do projeto denominado de “Culturas Alimentares”. Outros convênios foram firmados e projetos foram financiados por diversas instituições, mas foi a EMBRAPA, por meio do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão-CNPAF, que manteve, por longo tempo, uma certa regularidade no financiamento das pesquisas com feijão, especialmente na linha de custeios (Costa and Lopes 1999). Parceria essa que ocorre entre as instituições até os dias atuais, sem, contudo, a contra partida financeira.

Desta forma, foi possível iniciar um programa de melhoramento para a cultura, com a coleta e introdução de variedades, e com ensaios de competição dessas variedades, dividido em quatro etapas, concluindo com a hibridação entre as melhores linhagens (Silva 1962). A partir desses ensaios houve o direcionamento às pesquisas do programa: verificou-se quais as cultivares que se destacaram como de melhor produção e as resistentes às doenças (ferrugem – maior problema fitossanitário na época).

A partir dessas cultivares indicadas inicialmente, uma série de ensaios por todo o Estado de Pernambuco foi iniciada, compreendendo 13 municípios, desde a Zona da Mata até a Chapada do Araripe, envolvendo diversas áreas como o

controle de insetos, época de plantio, densidade e espaçamento, adubação mineral, calagem, competição de cultivares e uso de inoculantes (Sudene 1967).

Como fruto desse trabalho, especialmente das competições de cultivares, tornou-se possível o início do programa de melhoramento propriamente dito, com os primeiros cruzamentos sendo efetuados em 1966, com destaque para algumas cultivares desenvolvidas pelo programa de melhoramento de feijão do Instituto Agrônomo de Pernambuco: IPA 74-19, IPA-1, IPA 2, IPA-3, IPA-4, IPA-5, IPA-6, IPA-7, IPA-8, IPA-9, BR-IPA-10, BR-IPA-11 Brígida e Princesa (Costa and Lopes 1999).

A maior coleção mundial de Germoplasma do feijão reúne mais de 38 mil acessos e encontra-se no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia. No Brasil, a Embrapa Arroz e Feijão, em conjunto com a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, é detentora da maior coleção, com aproximadamente 14.100 acessos. A UFV também conta com um Banco Ativo de Germoplasma, contendo uma média de 600 acessos. Essa ampla variabilidade genética do feijoeiro proporciona facilidade na escolha de genótipos adequados ao melhoramento genético da cultura para atingir o objetivo de cada programa (Celin 2011).

Cultivares melhoradas associam características desejáveis como resistência a doenças, arquitetura de planta mais adequada à realidade de cada produtor e maior potencial produtivo, contribuindo, assim, para o aumento na produtividade da cultura, que era 729 kg/ha, em 1997, passando para 1.160 kg/ha em média em 2009 (Feijão 2011).

Segundo Matos (2005), os ganhos em produtividade obtidos no programa de melhoramento genético do feijoeiro comum da UFLA, nos anos de 1974 a 2004, são da ordem de 1,6% ao ano. Embora ganhos contínuos venham sendo obtidos pelos programas de melhoramento, à medida que se aumenta o nível de produtividade das cultivares fica mais difícil identificar genótipos superiores, visto que as diferenças genotípicas a serem detectadas são cada vez menores.

Por conta do baixo rendimento médio da cultura, a melhoria do desempenho produtivo do feijão comum, associada a características agrônomicas desejáveis, tem recebido maior atenção dos programas de melhoramento

genético dessa cultura (Singh 2001). Dessa maneira, as metodologias empregadas na avaliação das linhagens geradas pelos programas de melhoramento buscam a obtenção de linhas homozigotas com características superiores às existentes na cultura.

Tendo em vista que se deseja reunir alelos favoráveis presentes em vários genótipos, o melhoramento do feijão baseia-se, principalmente, na hibridação de cultivares e/ou linhagens com a finalidade de gerar populações segregantes, nas quais se procede à seleção das melhores linhagens que necessitam de estratégias mais eficientes e viáveis para garantir o sucesso dos programas de melhoramento (Faria et al. 1996, Rocha et al. 2009).

2.4. Precisão experimental e os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU)

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) implementou normas para o registro de novas cultivares no país por meio da Lei de Proteção de Cultivares (Lei no 9.456/97), havendo a necessidade de normatizar os ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) para registro das novas cultivares de feijão junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). As normas do VCU de feijão preconizam que os experimentos devem ser conduzidos em pelo menos três locais, nas safras representativas de cada região, durante dois anos (Brasil 2007). Um primeiro questionamento é se esse número de ambientes seria o ideal para se obter uma boa inferência estatística na predição real sobre os valores genéticos e estimar quantas repetições seriam suficientes para uma seleção mais segura das novas cultivares.

Para tentar desvendar o efeito da interação das linhagens com os ambientes a alternativa primordial é implantar experimentos de avaliação de linhagens no maior número de ambientes. Desse modo, é possível identificar quais as linhagens mais adaptadas, com médias superiores e mais estáveis, isto é, que apresentem sempre desempenho acima da média. Inúmeros trabalhos já foram realizados visando identificar linhagens/cultivares que sejam mais adaptadas e estáveis (Pereira et al. 2009, Rocha et al. 2010, Barili et al. 2015, Azevedo et al. 2015).

Quanto à verificação da precisão e da qualidade experimental desses ensaios agrícolas, alguns parâmetros estatísticos têm sido indicados. Tradicionalmente, o principal parâmetro utilizado é o coeficiente de variação experimental (CVe) que deve estar em nível aceitável para a espécie e para o caráter avaliado, entretanto, tem sido questionado por não levar em consideração a cultura estudada e, principalmente, o caráter considerado (Ramalho et al. 2000). Entretanto, de acordo com Resende (2007) e Cargnelutti Filho and Storck (2007), o coeficiente de variação no mínimo de 20% e o mínimo de três repetições são inadequados para certificar sobre a qualidade de ensaios cujo propósito é informar o valor de cultivo e uso (VCU) dos genótipos.

Além da utilização do coeficiente de variação outros parâmetros relacionados à precisão experimental são propostos. Parâmetros esses que consideram também, o número de repetições utilizadas na experimentação, além da variação de natureza residual e do valor do teste F, deste modo, são mais adequados para este fim, devendo ser empregados para inferir sobre a acurácia seletiva e a precisão em ensaios de VCU (Resende 2002, Cargnelutti Filho and Storck 2007, Pereira et al. 2013).

Trabalhos relacionados ao estabelecimento de valores críticos de CVe para controle de qualidade de ensaios e novos critérios ou métodos de classificar a precisão de experimentos, com base nos CV de conjunto de ensaios semelhantes, têm sido desenvolvidos com diversas culturas, tipos de experimentos e caracteres (Clemente and Muniz 2002, Costa et al. 2002, Carvalho et al. 2003, Resende 2002, 2007, Cargnelutti Filho and Storck 2007).

Esses ensaios de competição de cultivares requerem o cuidado de manutenção das condições experimentais do modo mais homogêneo possível, sendo a redução do erro experimental um objetivo comum de todos os pesquisadores, visando melhorar a precisão experimental e, por consequência, obter estimativas mais precisas da média ou de outros parâmetros (Ramalho et al. 2000).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu AFB, Ramalho MAP, Andrade MJB, Pereira Filho IA (1994) Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **29**: 105-112.

Agriannual (2010) **Anuário da Agricultura Brasileira**. Feijão. Instituto FNP: São Paulo, 318-323.

Azevedo CVG, Ribeiro T, Silva DA, Carbonell SAM, Chiorato AF (2015) Adaptabilidade, estabilidade e resistência a patógenos em genótipos de feijoeiro **Pesquisa agropecuária brasileira** **50**: 912-922.

Barili LD, Vale NM, Amaral RC, Carneiro JES, Silva FF, Carneiro PCS (2015) Adaptabilidade e estabilidade e a produtividade de grãos em cultivares de feijão preto recomendadas no Brasil nas últimas cinco décadas. **Ciência Rural** **45**: 1980-1986.

Bassinello PZ (2007) **Qualidade dos grãos**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635>. Acesso em: 12 de fev de 2016.

Bitocchi E, Nanni L, Bellucci E, Rossi M, Giardinni A, Zeuli OS, Papa R (2012) Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **109**: 788-796.

Borém A (2009) **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Editora UFV, Viçosa, Ed 2, 969 p.

Borges MHC (2007) **Avaliação agrônômica, estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro comum**. In: (Dissertação), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG. 91p.

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.

Cargnelutti Filho A and Storck L (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 42**: 17-24.

Carneiro PT and Parré JP (2005) Importância do setor varejista na comercialização de feijão no Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio 3**: 277-298.

Carvalho CGP, Arias CAA, Toledo JFF, Almeida LA, Kiihl RAS, Oliveira MF, Hiromoto DM, Takeda C (2003) Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 38**: 187-193.

Celin EF (2011) **Caracterização morfoagronômica de acessos do banco ativo de germoplasma de feijão da UFV**. In: Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 43p.

Clemente AL and Muniz JA (2002) Avaliação do coeficiente de variação em experimentos com gramíneas forrageiras. **Ciência e Agrotecnologia 26**: 197-203.

Conab (2016) Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Safra 2015/2016 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-182, fevereiro 2016. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/7levsafra.pdf>>. Acesso em 07 mar. 2016.

Costa AF and Lopes LHO (1999) Recursos genéticos e melhoramento do feijoeiro comum em Pernambuco. In: Queiroz MA, Goedert CO, Ramos SRR. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 220-230.

Costa NHAD, Seraphin, JC, Zimmermann FJP (2002) Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas.

Pesquisa Agropecuária Brasileira 37: 243-249.

Cronquist A (1998) Devolution and classification of flowering plants. **Botanical Garden**, Nova York, 555p.

Cruz CD, Carneiro PCS and Regazzi AJ (2014) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa v.2, ed.3, 668p.

Debouck, DG (1991) Systematics and morphology. In: Schoonhoven AV, Voysest O (ed.) Common beans: **Research for crop improvement**. C.A.B. Intl., Wallingford, UK e CIAT, Cali, Colômbia. 55–118.

Embrapa Arroz e feijão (2007) **A cultura do feijoeiro**. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em:<<http://www.cnpaf.embrapa.gov.br/pesquisa/feijao.html>>. Acesso em 19 fev. 2016.

Fao - Food and Agriculture Organization. Statistic/FAOSTAT (2015) Disponível em:<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/_feijao_2015_16.pdf> Acesso em: 27 de Mar. de 2016.

Faria JC, Anjos JRNA, Costa AF, Sperandio CA, Costa CL (1996) Doenças causadas por vírus e seu controle. In: Araújo RS, Rava CA, Stone LF, Zimmermann MJO. (Eds) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP. p.731-769.

Feijão (2011) **Dados conjunturais da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil: 1985 a 2009**. Disponível em:<<http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 11 dez de 2016.

Gepts P (2005) Management of germplasm and pre-breeding in common bean. VIII Congresso nacional de pesquisa de feijão. Goiânia, p. 1200-1210.

Gomes FP (2000) **Curso de estatística experimental**. Ed. 13, São Paulo: Nobel, 479p.

Kempton RA and Fox PN (1997) (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. London: Chapman & Hall, 191p.

Matos JW (2005) **Análise crítica do programa de melhoramento genético de feijoeiro-comum da UFLA no período de 1974 a 2004**. In: Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 116p.

Pereira HS, Costa AF, Melo LC, Peloso MJD, Faria LC, Wendland A (2013) Interação entre genótipos de feijoeiro e ambientes no Estado de Pernambuco: estabilidade, estratificação ambiental e decomposição da interação. **Semina: Ciências Agrárias 34**: 2603-2614.

Pereira HS, Melo LC, Faria LC, Peloso MJD, Costa JG, Rava CA, Wendland A (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa agropecuária Brasileira 44**: 29-37.

Peternelli LA and Borém A (2009) Hibridação em feijão. In Borém A (ed.) **Hibridação artificial de plantas**. Editora UFV, Viçosa, p. 269-293.

Polhill RM, Raven PH, Stirton CH (1981) Evolution and systematics of the Leguminosae. *In* Advances in Legumes Systematics. (RM Polhill & PH Raven, eds). **Royal Botanic Gardens**, Kew, 1-26.

Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB, Nunes JAR (2012) **Aplicações de genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras-MG. Editora UFLA. 522p.

Ramalho MAP, Ferreira DF, Oliveira AC (2000) **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Editora UFLA, Lavras, MG, 326p.

Resende MDV (2002) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. **Embrapa Florestas**, Informação Tecnológica, Brasília. 975p.

Resende MDV (2007) Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. **Embrapa Florestas**, Colombo. 435p.

Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical 37**: 182-194.

Rocha F, Barili LD, Garcia SH, Modena R, Coimbra JLM, Guidolin AF, Bertoldo JG (2009) Seleção de populações mutantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para caracteres adaptativos. **Revista Biotemas** 22: 19-27.

Rocha VPC, Moda-Cirilo V, Destro D, Fonseca Júnior NS, Prete CEC (2010) Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Ciências Agrárias** 31: 39-54.

Santos JB and Gavilanes ML (2006) Botânica. In: Vieira C, Paula Júnior TJ, Borém A. (ed.) **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Editora UFV, Viçosa, p. 55–81.

Silva HT (2005) Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Santo Antônio de Goiás: **Embrapa-CNPAP**, 32p. (Documentos, 184).

Silva HT and Costa AO (2003) Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae). Santo Antônio de Goiás, **Embrapa/CNPAP**: 40p. (Documentos, 156).

Silva JF (1962) Plano de Melhoramento de feijões comuns, tipo mulatinho. In: **Reunião de Investigação Agrônômica do Nordeste**, 2. ,1962, Recife. Anais...Recife: SUDENE, p. 83-87.

Singh SP (2001) Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. **Crop Science** 4: 1659-1675.

Souza RF, Faquin V, Fernandes LA, Avila FW (2006) Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da Calagem e adubação orgânica. **Ciência e Agrotecnologia** 30: 656 -664.

Sudene (1967) Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Recife -PE) **Contribuição ao estudo das plantas alimentares**. Recife: SUDENE - Divisão de Documentação, (BRASIL. SUDENE. Culturas Alimentares – Estudo de Pernambuco, 1.

Vieira EHN and Rava CA (2000) Sementes de feijão: produção e tecnologia. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 600p.

LIMA, T. V. Eficiência experimental em ensaios de VCU de feijão comum no Estado de Pernambuco

Yokoyama LP, Banno K, Dluthcoski J (1996) Aspectos socioeconômicos da cultura do feijão. In: Araújo RS, Rava CA, Stone LF, Zimmermann MJO (eds.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba. POTAFOS**, p. 1-20.

Zizumbo-Villarreal D, Colunga-Garcia MP, Payro de la Cruz EP, Delgado-Valerio, and Gepts P (2005) Population structure and evolutionary dynamics of wild-weedy-domesticated complexes of common bean in a Mesoamerican region. **Crop Science** 45:1073-1083.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA PRECISÃO EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de genótipos de feijão no Estado de Pernambuco

Thalyson Vasconcelos Lima⁽¹⁾, Carla Caroline da Silva⁽¹⁾, Antonio Félix da Costa⁽²⁾ Leonardo Cunha Melo⁽³⁾, Helton Santos Pereira⁽³⁾ e José Wilson da Silva⁽¹⁾.

⁽¹⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas, Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE, Brasil. E-mail: thalysonagro@gmail.com, carlacarolinealves@hotmail.com, jwsamaral@hotmail.com ⁽²⁾Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Av. General San Martin, 1371, Bongi, CEP 50761-000, Recife, PE, Brasil. E-mail: felix.antonio@ipa.br ⁽³⁾Embrapa Arroz e Feijão, km 12- Zona Rural, GO-462, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. E-mail: leonardo.melo@embrapa.br, helton.pereira@embrapa.br

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a acurácia seletiva e outras 14 parâmetros estatísticas como medidas do grau de precisão experimental, foram utilizados dados de produtividade de grãos de 63 ensaios de Valor de Cultivo e Uso de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), realizados no Estado de Pernambuco pelo Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), nos anos agrícolas de 2009 a 2016. A partir das análises de variância foram obtidos os valores mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação experimental para 14 parâmetros estatísticos de cada ensaio, correlacionadas posteriormente com a estatística acurácia seletiva. Com base na acurácia seletiva foram calculadas as frequências simples e relativa de cada ensaio para cada classe de precisão experimental (baixa, moderada, alta e muito alta). Estimaram-se o coeficiente de repetibilidade e o número necessários de repetição para predizer o valor real dos genótipos. A estatística acurácia seletiva, coeficiente de repetibilidade e o valor do teste F são mais adequados do que o CV para avaliar a precisão experimental conjuntamente em ensaios de competição de genótipos de feijão. O presente estudo permite afirmar que 60,31% dos ensaios de competição de cultivares de feijão têm precisão alta e muito alta.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, precisão experimental, acurácia seletiva.

Evaluation of experimental precision in competition trials of bean genotypes in the State of Pernambuco

ABSTRACT

In order to evaluate the selective accuracy and other 14 statistical parameters as measures of the degree of experimental precision, grain yield data from 63 cultivar value and use of bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) State of Pernambuco by the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), in the agricultural years from 2009 to 2016. From the analysis of variance the minimum, maximum, mean, standard deviation and coefficient of variation values were obtained for 14 statistical parameters of each test , Correlated later with the statistical selective accuracy. Based on the selective accuracy, the simple and relative frequencies of each test were calculated for each class of experimental accuracy (low, moderate, high and very high). The required repeatability coefficient and number of replicates were estimated to predict the true value of the genotypes. The selective accuracy, repeatability coefficient and F test values are more adequate than the CV to evaluate the experimental accuracy in competition assays of bean genotypes. The present study allows to affirm that 60.31% of the competition assays of bean cultivars have high and very high precision.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, experimental precision, selective accuracy.

INTRODUÇÃO

No Brasil são conduzidos todos os anos inúmeros experimentos de campo, denominados como Valor de Cultivo e Uso (VCU), visando o processo de recomendação de cultivares melhoradas. Nestes ensaios devem-se seguir as exigências estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, órgão que normatiza esses experimentos para fins de registro, recomendação e proteção de cultivares (Brasil 2007).

Devido à importância destes ensaios, diversos pesquisadores têm dedicado esforços para estabelecer parâmetros estatísticos para a avaliação da precisão e eficiência de tais experimentos. Com essa finalidade, realizam-se ensaios de competição entre genótipos em diferentes locais, épocas e regiões do país, cujas linhagens com melhor desempenho são registradas e lançadas no mercado, onde melhor se adaptam (Abreu et al. 1994).

Para a avaliação da precisão dos experimentos, a maioria dos pesquisadores utiliza o coeficiente de variação (CVe). Gomes (2000) considera os coeficientes de variação como baixos, quando apresentam valores inferiores a 10%, médios entre 10% e 20%, altos quando estão entre 20% e 30% e muito altos quando são superiores a 30%. Mas, conforme Resende (2007), o coeficiente de variação de no mínimo 20% e três repetições são inadequados para informar sobre a qualidade de ensaios cujo propósito é prever o valor de cultivo e uso (VCU) dos materiais genéticos.

Trabalhos como o de Resende (2002) e Resende and Duarte (2007) discutem o uso das estatísticas acurácia seletiva e valor do teste F para genótipos para se obter uma melhor precisão experimental dos ensaios. Deste modo, demonstram que em ensaios de competição de cultivares tais estatísticas são associadas a maiores variações genéticas e menores variâncias residuais, e são mais adequadas do que somente o uso do coeficiente de variação (Gomes 2000, Costa et al. 2002).

Alguns estudos destacam que o uso de parâmetros estatísticos como herdabilidade, coeficiente de repetibilidade, teste F e acurácia para avaliar a precisão de experimentos e lançamentos de cultivares são mais apropriados (Cargnelutti Filho and Storck 2007, Resende 2007). Segundo Resende (2002), a

acurácia seletiva tem a propriedade de ordenar cultivares para fins de seleção e também sobre a inferência do valor genotípico das cultivares nos ensaios de VCU.

Outro parâmetro a ser levado em consideração no desempenho relativo entre as cultivares avaliadas é o uso do coeficiente de repetibilidade da produtividade de grãos, ou seja, estimar a probabilidade de que a expressão do caráter se repita em avaliações futuras (Cargnelutti Filho et al. 2009b). Assim, a repetibilidade expressa o valor máximo que a herdabilidade pode atingir, altos valores desse coeficiente para quaisquer características, e indica que é possível prever o valor real dos indivíduos com base em determinado número de medições (Martuscello et al. 2007).

Considerando o número de repetições usado na experimentação, a repetibilidade é o parâmetro que possibilitará definir critérios de descarte de experimentos de avaliação e recomendação de cultivares, devendo estar associado a outros parâmetros para tornar a recomendação de uma cultivar mais confiável (Gurgel et al. 2013). Segundo Resende (2007), essa associação deve ser com o coeficiente de variação e o valor do teste F para os efeitos de cultivares, os quais são mais adequados para este fim, devendo ser empregados para inferir sobre a acurácia seletiva e a precisão em ensaios de valor de cultivo e uso.

Dentre as diversas estratégias utilizadas para melhorar os ensaios, existem poucos relatos quanto ao seu uso nos programas de melhoramento nos ensaios de VCU para o Estado de Pernambuco.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar estratégias para a avaliação da precisão experimental de ensaios de linhagens de feijão comum no Estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Em todos os experimentos os tratamentos foram constituídos de 11 a 37 linhagens de feijão comum, em ensaios experimentais de valor de cultivo e uso, onde todos os experimentos continham testemunhas, sendo estas representadas por cultivares recomendadas para o estado de Pernambuco. Esses experimentos fazem parte da rede de ensaios conduzidos no estado de Pernambuco, pelo

Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), nos anos de 2009 a 2016.

Foram utilizados dados de produtividade de grãos de 63 ensaios conduzidos nos anos de 2009 a 2016, sendo estes realizados em diferentes municípios do estado de Pernambuco.

Todos os experimentos foram conduzidos utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de quatro fileiras de quatro metros lineares com espaçamento de 0,5 x 0,2m. Os dados referentes à produtividade de grãos foram obtidos, considerando-se as duas linhas centrais, sendo de 4m² a área útil.

Em cada ensaio foi realizada a análise de variância (ANOVA) e anotado o valor do quadrado médio de bloco (QM_B), quadrado médio do tratamento (QM_T), quadrado médio do erro (QM_E), valor do teste F para genótipo (F), média geral do ensaio (M), coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de variação genético (CVg), herdabilidade (h²) e CVr=100.CVg/ CVe, conforme Cruz (2008).

A verificação da precisão experimental foi realizada por meio da acurácia seletiva (AS), que corresponde à correlação linear entre os valores genotípicos e fenotípicos, em que F é o valor do teste F para genótipo conforme Resende (2002), conjuntamente com o coeficiente de variação experimental (CVe), diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, estes calculados pelas fórmulas: Acurácia seletiva: AS= (1-1/F)^{1/2}; Coeficiente de variação experimental: CVe(%) = $\frac{\sqrt{QM_E}}{\bar{x}} \cdot 100$; Teste de Tukey: $\Delta(5\%) = q \frac{s}{\sqrt{r}}$; Teste F: $F = \frac{QMT}{QMR}$.

Foram obtidas as estatísticas como: QM_B, QM_E, QM_T, M, CVe, CVg, CVr, h², F, R²- coeficiente de determinação, D - diferença mínima significativa, A- Amplitude dos ensaios e A/D- divisão da amplitude pela diferença mínima significativa para cada um dos 63 ensaios, e calculados os valores mínimo e máximo, média e a medida de dispersão (CV), realizando-se o teste de normalidade de Lilliefors (Campos, 1983).

As avaliações também foram realizadas estimando o coeficiente de repetibilidade (k) de cada ensaio, estimado por três procedimentos estatísticos, utilizando-se os métodos: análise de variância (ANOVA), componentes principais e análise estrutural. O número mínimo de repetições estimado para predizer o

valor real dos indivíduos com base em coeficiente de determinação genotípica (R^2) preestabelecido 0,81, foi calculado de acordo com a expressão $\eta = [R^2 (1 - k)] / [1 - R^2 k]$ fornecida por Cruz et al. (2012).

A partir do coeficiente de repetibilidade (k), utilizando a média dos coeficientes de repetibilidade dos 63 ensaios, calculou-se o coeficiente de determinação em função dos números de repetições ($\eta=3$), para mostrar graficamente o comportamento da relação entre R^2 e η . O R^2 , que representa a certeza da predição do valor real dos genótipos selecionados, com base no número de medições realizadas, foi obtido pela expressão $R^2 = (J - k) / [1 + -k (J - 1)]$ (Cruz 2008).

Posteriormente, o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) foi calculado entre AS com as estatísticas Média, QM_B , QM_E , QMT, CVe, CVr, CVg, R^2 , F, h^2 , D, A e A/D, e a sua significância foi verificada por meio do teste t de Student, a 5% de probabilidade. Posteriormente, com base em AS e F, foram calculadas as frequências simples e relativas de ensaios, estabelecidas em classes de precisão experimental nas faixas de baixa, moderada, alta e muito alta conforme Resende and Duarte (2007). As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa GENES (Cruz 2008) e os parâmetros de precisão experimental foram calculados no software Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, que as frequências experimentais apresentadas em todos os ensaios foram classificadas como baixa (25,40%), moderada (14,29%), alta (44,85%) e muito alta (17,46%) precisão experimental (Figura 1). Somando-se as frequências dos ensaios com acurácia seletiva baixa ($AS < 0,5$) e as dos ensaios com a faixa de acurácia moderada ($> 0,50$ e $\leq 0,70$) atinge-se cerca de 39,7%, desta forma, 60,3% dos ensaios têm precisão alta ($> 0,70$ e $\leq 0,90$) e precisão muito alta ($\geq 0,90$). Ao se somar as frequências dos ensaios das faixas de precisão alta e muito alta, observa-se superioridade para os ensaios realizados nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016, atingindo 36,5%, totalizando o número de 23 ensaios que apresentaram uma excelente precisão experimental (Tabela 1).

Para atingir uma acurácia seletiva ideal, igual ou superior a 90%, correspondente a valores de coeficiente de determinação acima de 80%,

conforme preconizam Storck et al. (2000), para uma inferência estatística segura, os valores de F para cultivares devem ser iguais ou superiores a 5, enquanto no presente trabalho cerca de 10% dos ensaios apresentaram valores superiores para o teste F os quais apresentaram uma precisão experimental muito alta ($AS \geq 0,90$). Sendo assim, este pode ser um valor de referência para os experimentos de avaliação de precisão experimental, pois tal independe da espécie cultivada e do caráter sob avaliação, podendo servir como padrão para avaliar experimentos dessa natureza.

A correlações entre a acurácia seletivas (AS) e os demais parâmetros estatísticas avaliadas nos ensaios de valor de cultivo e uso de feijão foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste t.

Dentre as correlações significativas, as positivas foram encontradas entre AS com as variáveis QM_T (0,36*), CVg (0,80*), CVr (0,79*), R^2 (0,94*), F (0,53*), h^2 (0,96*), A (0,12*) e AD (0,61*). Indicando que quanto maior forem os valores encontrados para AS, maiores serão os valores das variáveis correlacionadas. Sendo que para CVg, CVr, R^2 e h^2 foram superiores a 79%, proporcionando maior eficiência na seleção indireta. As variáveis F e A/D apresentaram relações medianas e A e QM_T relações baixas, sendo assim, menos influenciadas pela precisão (Tabela 2).

Nesse estudo foram encontradas também correlações negativas entre (AS) com as variáveis Média (-0,04*), QM_B (-0,05*), QM_E (-0,26*), CVe (-0,29*) e D (-0,38*). Estes resultados revelam uma relação inversamente proporcional, indicando que essas estatísticas estão associadas a uma maior variância ambiental e independem da variabilidade genética dos genótipos avaliados.

Segundo Gonçalves et al. (2008), as correlações são apropriadas para avaliar a associação entre características porque são adimensionais e permitem a comparação entre diferentes pares de características.

Reforçando o uso da correlação da estatística AS com os demais parâmetros para obtenção da precisão experimental pode-se observar que essas estatísticas se encontram correlacionadas de maneira positiva em sua maioria, estando estas ligadas com maiores variabilidades genéticas e menores variâncias residuais, desta forma, estão adequadas para a classificação da precisão de experimentos, conforme Cargnelutti Filho and Storck (2007).

Sendo assim, para ensaios de competição de genótipos superiores, é importante que a estatística de precisão experimental contemple a variabilidade genética (Resende and Duarte 2007) e seja independente da média. Assim, as estatísticas CV e DMS, tradicionalmente utilizadas para essa finalidade, podem ser substituídas por outras estatísticas, como AS e F, apontadas como mais apropriadas (Resende 2002, Cargnelutti Filho and Storck 2007, 2009, Resende and Duarte 2007, Cargnelutti Filho et al. 2009b).

Diante disso, a estatística acurácia seletiva é adequada para avaliar a precisão experimental dos ensaios de valor de cultivo e uso de genótipos de feijão, sendo que fazer o descarte de ensaios apenas com base no coeficiente de variação é uma atitude desaconselhável como visto na Figura 2, que, mesmo apresentando um CVe alto (37,2%), obteve uma alta precisão experimental (AS= 0,80) levando-se em consideração os critérios para classificação, como a acurácia seletiva.

Separando os oito ensaios pelos critérios de AS baixa (Tabela 3), constata-se que neste grupo, de forma coerente, não há diferença entre os genótipos. No entanto, a média do CVe desse grupo (21,8%) é relativamente próxima da média geral (19,7%) dos CVe. Pelo critério de AS, esses ensaios têm baixa precisão como de fato têm, pois a média dos valores de D deste grupo ($D = 1,5$) é maior do que a média geral ($D = 0,90$).

Utilizando como critério de descartar 5% dos ensaios com os maiores CVe, ou seja, $P(\text{Cve} > c) = 0,95$, pela distribuição normal tem-se em que “m” e “dp” são a média e o desvio padrão dos valores dos CVe (Storck et al. 2016). Neste caso, como $m=19,72$ e $dp= 5,54$ (Tabela 2) temos $c=28,72$ e $P(\text{Cve} > 28,72)=0,95$. Dos sete ensaios que se enquadram nessa categoria $P(\text{Cve} > 28,8)=0,95$ (Tabela 4), ou seja, ensaios que apresentaram altos valores referentes ao critério de CVe, três desses seriam descartados por terem baixa precisão pelo critério de AS e apresentarem CVe muito alto.

Os valores das acurácias seletivas apresentados nesse trabalho mostram que mesmo com alguns ensaios com elevado CVe $\geq 20\%$ (Figura 2), obteve-se uma boa precisão experimental (AS $\geq 0,75$), sendo, assim, possível selecionar os melhores genótipos para os ambientes avaliados e posteriores lançamentos de novas cultivares de feijão no mercado. Conforme Storck et al. (2010), a

estatística AS não depende apenas da magnitude do erro experimental e do número de repetições, mas também da proporção entre as variações de natureza genética e residual associadas ao caráter em avaliação.

Com base na produtividade de grãos de feijão foi obtido o coeficiente de repetibilidade média dos 63 ensaios ($k=0,35$), o que pode-se indicar que seriam necessárias oito repetições, ou seja, $\eta = 0,81(1 - 0,35)/(1 - 0,81)0,35 = 7,9$, para afirmar, com 81% de precisão ($R^2 = 0,81$), a superioridade de um determinado genótipo, para as condições do Estado de Pernambuco (Figura 3).

Conforme Resende and Duarte (2007), ensaios com R^2 igual ou superior a 81%, isto é, com acurácia seletiva igual ou superior a 90% devem ser almejados, pois constituiriam ensaios com precisão experimental muito alta. Entretanto, na prática, não é possível conduzir ensaios com oito repetições. Assim, quando se realiza o cálculo inverso, a partir de $\eta= 8$ repetições, o valor estimado do coeficiente de determinação genotípico é $R^2 = (8 \times 0,35)/[1 + 0,35(8 - 1)] = 0,81$, enquanto para $\eta = 3$ o R^2 é 0,61, ou seja, os coeficientes de determinação (R^2) associados às estimativas dos coeficientes de repetibilidade (k) foram iguais ou superiores a 0,61, independentemente do método de estimativa para os ensaios, indicando que três repetições possibilitam selecionar genótipos com 61% de confiabilidade na predição do valor real do genótipo.

Ao se considerar os valores do coeficiente de repetibilidade para cada faixa de precisão experimental, tem-se (k)= 0,17; 0,42; 0,66 e 0,35 para baixa+moderada, alta, muito alta e a média geral da precisão experimental respectivamente. Para inferir possíveis genótipos superiores, em relação à produtividade de grãos, com precisão de 81%, em ensaios com $k= 0,17$ necessitaria de 20 repetições, já para ensaios com $k= 0,42$ e $k= 0,66$ devem utilizar os números de 6 e 3 repetições, respectivamente (Tabela 5).

Para avaliar a produtividade de grãos em ensaios que possibilitem a identificação de genótipos superiores de feijão em relação à produtividade de grãos com 81% de exatidão no prognóstico de seu valor real seriam necessárias oito repetições. Na prática, particularmente nesses grupos de ensaios de feijão realizados no Estado de Pernambuco, metas de acurácia seletiva de 90%, o que equivale ao coeficiente de determinação genotípico de 81%, apresentaram um maior número de repetições, teoricamente, do que as seis e quatro repetições

recomendadas para feijão, encontradas por Resende and Duarte (2007) e Cargnelutti Filho et al. (2009a). Todavia, o uso de número maior de repetições deve ser encorajado para maximizar a precisão experimental.

CONCLUSÕES

A estatística acurácia seletiva e o valor do teste F mostram-se vantajosos em relação ao coeficiente de variação para avaliar a precisão experimental dos ensaios de competição de genótipos de feijão, segundo o uso dessa estatística, pode-se afirmar que 60,3% dos ensaios têm precisão experimental alta e muito alta.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu AFB, Ramalho MAP, Andrade MJB, Pereira Filho IA (1994) Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **29**: 105-112.

Brasil (2007) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de cultivares (RNC) – Informe Técnico. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso, para a inscrição no RNC. Brasília, p. 18.

Campos H (1983) **Estatística experimental não-paramétrica**. 4.ed. Esalq, Departamento de Matemática e Estatística, Piracicaba, 349p.

Cargnelutti Filho A, Ribeiro ND, Storck L (2009a) Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural** **39**: 2419-2424.

Cargnelutti Filho A and Storck L (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira** **42**: 17-24.

Cargnelutti Filho A, Storck L, Ribeiro ND (2009b) Medidas da precisão

experimental em ensaios com genótipos de feijão e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 44**: 1225-1231.

Cargnelutti Filho A and Storck L (2009) Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 44**:111-117.

Costa NHAD, Seraphin JC, Zimmermann FJP (2002) Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 37**: 243-249.

Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 508p.

Cruz CD (2008) **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística UFV, Viçosa, MG. 278p.

Gomes PF (2000) **Curso de estatística experimental**. Ed. 13, São Paulo, Nobel, 479p.

Gonçalves GM, Viana AP, Reis LS, Neto FVB, Amaral Júnior AT, Reis LS (2008) Correlações fenotípicas e genético-aditivas em maracujá-amarelo pelo delineamento I. **Revista Ciência e Agrotecnologia 32**: 1413-1418.

Gurgel FL, Ferreira DF, Soares ACS (2013) O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém, 80p.

Martuscello JA, Jank L, Fonseca DM, Cruz CD, Cunha DNFV (2007) Repetibilidade de caracteres agronômicos em *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia 36**: 1975-1981.

Resende MDV (2002) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 975p.

Resende MDV (2007) Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. **Embrapa Florestas**, Colombo, 435p.

Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical 37**: 182-194.

LIMA, T. V. Eficiência experimental em ensaios de VCU de feijão comum no Estado de Pernambuco

Storck L, Cargnelutti Filho A, Lúcio AD, Missio EL, Rubin SAL (2010) Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de soja. **Pesquisa Ciência e Agrotecnologia 34**: 572-578.

Storck L, Garcia DC, Lopes SJ, Estefanel V (2016) **Experimentação vegetal**. 1ª reimpressão, 3.ed. Santa Maria: UFSM, 198p.

Storck L, Lopes SJ, Marques DG, Tisott CA, Ros CA (2000) Análise de covariância para melhoria da capacidade de discriminação em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 35**: 1311-1316.

Tabela 1. Frequência simples (F_i) e relativa (Fr) de 63 ensaios de Valor de Cultivo e Uso VCU) de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), quanto a faixa de precisão experimental de acordo com a acurácia seletiva conduzidos no Estado de Pernambuco.

	Faixas de Acurácia Seletiva (AS)								TOTAL
	Baixa		Moderada		Alta		Muito Alta		
	$\leq 0,5$		$0,5 \leq 0,7$		$0,7 \leq 0,9$		$\geq 0,9$		
	F_i	Fr(%)	F_i	Fr(%)	F_i	Fr(%)	F_i	Fr(%)	
GERAL	16	25,40	9	14,29	27	42,85	11	17,46	63
Ano 2009	0	0,0	0	0,0	3	75,00	1	25,00	4
Ano 2010	1	20,00	1	20,00	3	60,00	0	0,0	5
Ano 2011	2	22,22	3	33,34	2	22,22	2	22,22	9
Ano 2012	4	57,14	0	0,0	3	42,86	0	0,0	7
Ano 2013	2	23,52	1	11,76	2	29,41	4	35,29	9
Ano 2014	2	25,00	0	0,0	4	50,00	2	25,00	8
Ano 2015	3	33,33	1	11,11	3	44,45	2	11,11	9
Ano 2016	2	16,67	3	33,33	7	50,00	0	0,0	12

Baixa – ($\leq 0,5$); Moderada – ($0,5 \leq 0,7$); Alta – ($0,7 \leq 0,9$); Muito Alta – ($\geq 0,9$).

Tabela 2. Coeficiente de correlação linear (r) entre a acurácia seletiva (AS) e 13 parâmetros estatísticos, valores máximos, mínimo, média, desvio padrão (dp), e o coeficiente de variação (CV) com base nos 63 ensaios de Valor de cultivo e Uso (VCU) de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com relação a produtividade de grãos.

Estatísticas	r	Mínimo	Máximo	Média	dp	CV
AS	-	0	0,9799	0,7512	0,2694	35,8
Média	-0,0401*	225,2917	3132,679	1619,931	509,4158	31,4
QM _B	-0,0525*	3844,313	1047698,3	208355,8	733765,1	352,1
QM _E	-0,2614*	2911,538	505096,4	80048,45	83928,25	104,8
QM _T	0,36623*	7273,525	2070582	180490,8	254097,2	140,7
CVe	-0,2983*	8,3647	43,2678	19,7255	5,5428	28,1
CVg	0,8048*	0	44,603	14,5795	7,3703	50,5
CVr	0,7984*	0	283,7474	65,7110	43,3183	65,9
R ²	0,9484*	0,3231	0,9617	0,6965	0,1274	18,2
F	0,5317*	0,4774	25,1537	2,2953	2,5977	113,1
Herdabilidade (h ²)	0,9666*	0	96,0244	57,8411	25,0393	43,2
D	-0,3882*	63,8510	1081,047	357,652	160,6854	44,9
Amplitude (A)	0,1245*	332,5	3842,5	1707,5	666,9815	39,0
AD= A/D	0,6180*	0,8272	11,3186	4,5881	1,2093	26,3

AS: acurácia seletiva; Média: media de todos os ensaios; QM_B: quadrado médio de bloco; QM_E: quadrado médio do erro; QM_T: quadrado médio dos tratamentos; CVe: coeficiente de variação experimental; CVg: coeficiente de variância genotípica; CVr: variação100.CVe/CVg; R² = coeficiente de determinação; F: valor do teste F para genótipos; h²: herdabilidade; D: diferença mínima significativa entre ensaios, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; A: amplitude das médias dos ensaios; r: coeficiente de correlação linear; Mínimo: valores mínimo dos ensaios; Máximo: valores máximos dos ensaios; Média: valores médios dos ensaios; dp: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação em percentagem.

*Significativo pelo teste t à 5% de probabilidade.

Tabela 3. Acurácia seletiva (AS), média de produtividades de grãos (kg/ha), coeficiente de variação experimental (CVe), diferença mínima significativa pelo teste de Tukey (D) e hipótese adotada do teste F para diferença entre os genótipos (H_0 e H_1) para os ensaios de feijão de baixa precisão experimental $AS \leq 0,5$.

ENSAIOS	AS	MÉDIA	CV	D	HIPÓTESE
9	0,5	1319,16	21,44	0,826	H_0
18	0,2	657,22	33,24	0,661	H_0
25	0,5	2084,92	25,07	1,637	H_0
31	0,04	740,81	19,08	0,417	H_0
41	0,3	1982,72	18,96	1,109	H_0
45	0,2	3132,67	22,20	2,093	H_0
49	0,5	1667,95	19,72	0,971	H_1
51	0,2	2185,73	24,13	1,556	H_0
Média dos 8	0,3	1,82	21,82	1,5	
Média dos 63	0,75	1,62	19,72	0,90	

AS: acurácia seletiva; Média: media de cada ensaio; CVe: coeficiente de variação experimental; D: diferença mínima significativa entre ensaios, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Hipótese: teste de Hipótese.

Tabela 4. Acurácia seletiva (AS), média de produtividades de grãos (kg/ha), coeficiente de variação experimental (CVe), diferença mínima significativa pelo teste de Tukey (D) e hipótese adotada do teste F para diferença entre os genótipos (H_0 e H_1) para os ensaios de feijão como critério para descarte de $P(CV \geq 28,8)$.

ENSAIOS	AS	MÉDIA	CVe	D	HIPÓTESE
7	0,72	1,002	36,73	1,143	H_0
18	0,25	657,22	33,24	0,661	H_1
28	0,0	1,538	38,32	1,774	H_1
55	0,0	299,29	36,09	0,335	H_1
57	0,68	1619,93	34,15	1,644	H_1
62	0,70	2074,75	31,51	2,002	H_1
63	0,87	251,31	30,82	0,237	H_0
Média dos 7	0,46	1,2	34,15	1,7	

AS: acurácia seletiva; Média: media de cada ensaio; CVe: coeficiente de variação experimental; D: diferença mínima significativa entre ensaios, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Hipótese: teste de Hipótese.

Tabela 5. Estimativa do número de repetições (η), coeficiente de determinação médio (R^2) dos ensaios quanto a classe experimental para 63 ensaios de Valor de Cultivo e Uso para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L), no Estado de Pernambuco.

Classe Experimental	k- médio	R ² - estimado	η
Geral	0,35	0,81	7,79
Baixa + Moderada	0,17	0,81	20
Alta	0,42	0,81	5,9
Muito Alta	0,66	0,81	2,19

Geral: todos os ensaios; Baixa+moderada: média das AS $\leq 0,5 \leq 0,7$; Alta: média das AS $0,7 \leq 0,9$; muito alta: medias das AS $\geq 0,9$; k: coeficiente de repetibilidade; R²: coeficiente de determinação; η : número de repetições.

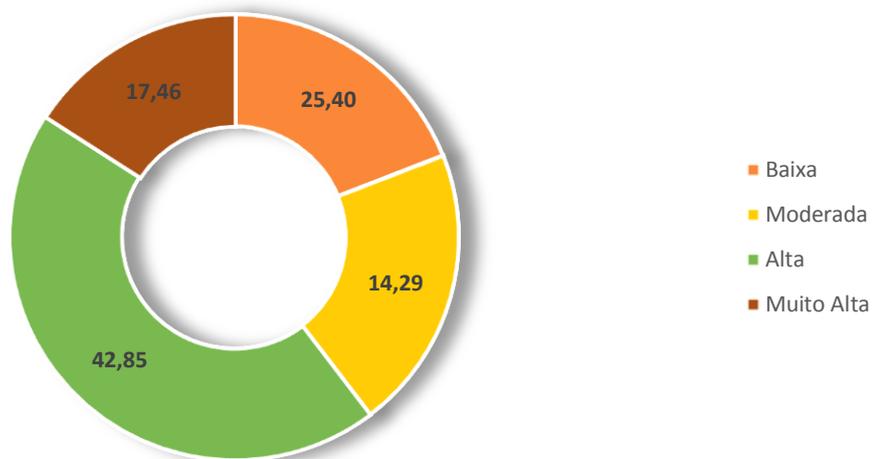


Figura 1. Gráfico de distribuição do percentual dos 63 ensaios de feijão quanto às classes de precisão experimental no Estado de Pernambuco.

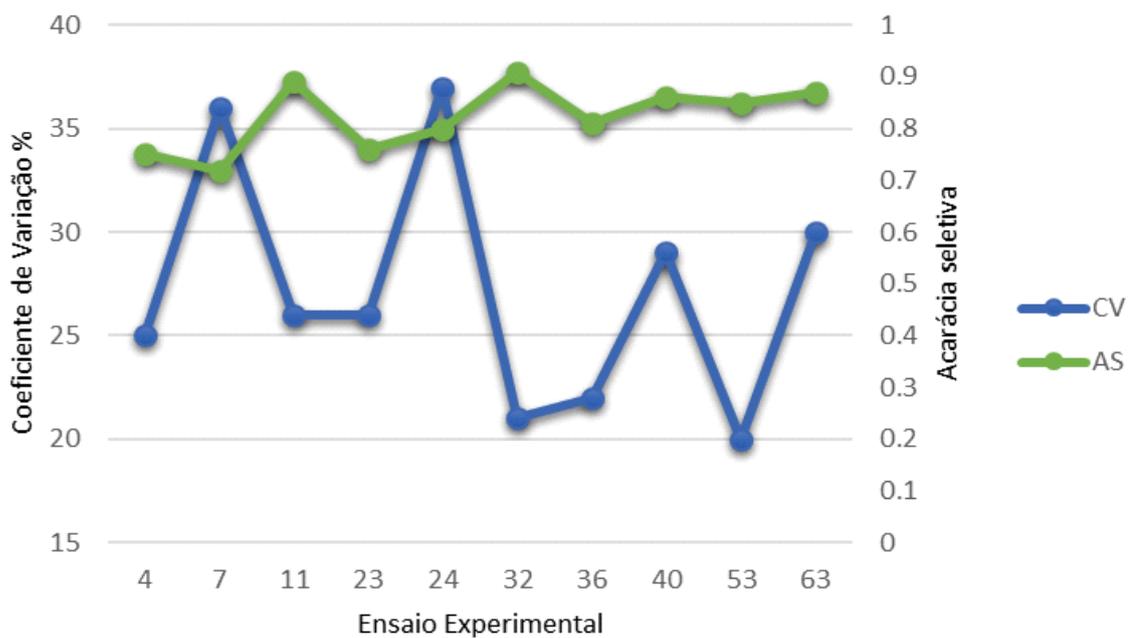


Figura 2. Valores de acurácia seletiva (AS), coeficiente de variação experimental (CVe) para ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com alta e muito alta precisão experimental no Estado de Pernambuco.

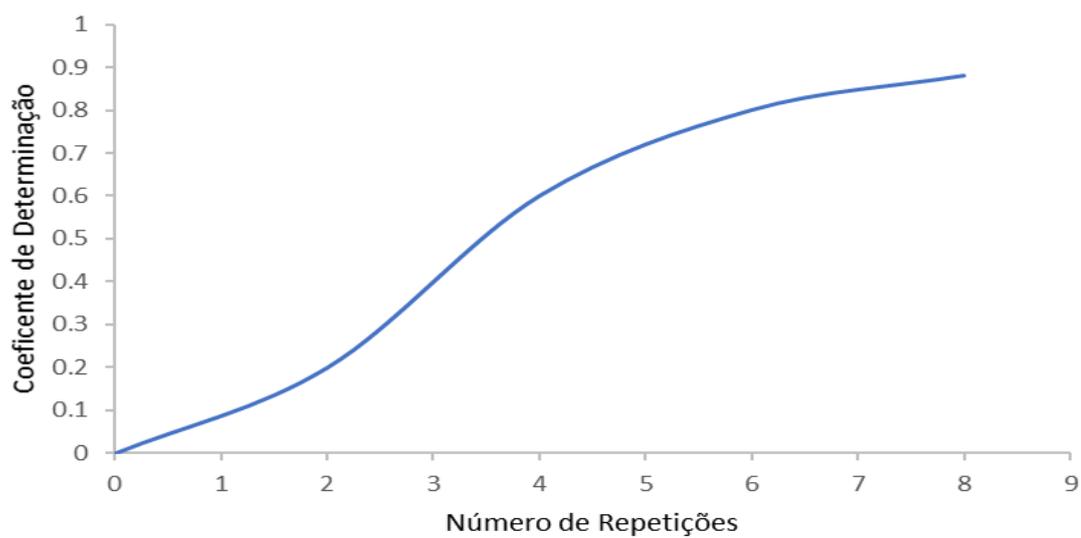


Figura 3. Número de repetições (n) associado ao coeficiente de determinação (R^2) estimado para o caráter produtividade ensaios experimentais de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Estado de Pernambuco.