

SELEÇÃO DE IDEÓTIPOS NO MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS

Rita Carolina de Melo¹

Cleiton Luiz Wille²

Cristiane Rosa Adams³

Emanuele Carolina Barichello³

Marcio dos Santos³

Jefferson Luís Meirelles Coimbra⁴

RESUMO: A produtividade de grãos tem sido aumentada por meio da seleção de características com ela relacionada. Surge assim o termo ideótipo, em que plantas produtivas só poderão ser alcançadas se caracteres agronômicos e fisiológicos forem considerados simultaneamente. O objetivo deste trabalho foi selecionar ideótipos de feijão para caracteres agronômicos e fisiológicos a partir de genótipos oriundos de diferentes fontes de variabilidade genética. Para atender a este objetivo foi conduzido um experimento em blocos aumentados de Federer com cinco repetições e avaliados 100 genótipos de feijão, dentre eles, acessos do banco de germoplasma, genótipos oriundos de hibridação e de mutação induzida. Foram avaliados seis caracteres de importância agronômica e fisiológica, como a inserção do primeiro legume, diâmetro do caule, peso de mil grãos, rendimento de grãos e teores de clorofila *a* e *b*. Os caracteres foram avaliados conjuntamente por meio de análise multivariada. Foi utilizado um índice de seleção de Mulamba; Mock, (1978), e os genótipos que revelaram maior ranqueamento foram comparados com as testemunhas do mesmo grupo comercial (carioca ou preto) através de contrastes. A análise de variância revelou efeito diferencial entre os genótipos avaliados, indicando que existe diferença entre ao menos duas populações para os vetores de médias apresentados. Considerando uma pressão de seleção de 5%, cinco populações mutantes revelaram menor soma de ranks no índice de seleção, constituindo populações promissoras para o melhoramento de plantas. Dentre essas populações, a segunda população ranqueada (PMP_100 M₆), revelou um ranqueamento favorável em relação aos teores de clorofila (7^o em teor de clorofila *a* e 5^o em teor de clorofila *b*), inserção do primeiro legume (4^o) e diâmetro do caule (6^o). Os contrastes revelaram que dentre as populações selecionadas, apenas duas foram consideradas superiores às

¹ Mestre em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC

² Graduando em Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC

³ Mestrando em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC

⁴ Prof. Dr. em Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC

Revista da 15ª Jornada de Pós graduação e Pesquisa. ISSN: 2526-4397

Submetido: 23/08/2018 Avaliado: 09/10/2018.

Congrega Urcamp, vol. 15, nº 15, ano 2018.

testemunhas, PMP_100 M₆ e PMC_200 M₅. Os caracteres inserção do primeiro legume, peso de mil grãos e o teor de clorofila a revelaram maior participação na discriminação dos genótipos comparativamente às testemunhas. As populações PMP_100 M₆ e PMC_200 M₅ constituem ideótipos de plantas tanto para caracteres agronômicos e fisiológicos e devem ser selecionadas para avaliação em ensaios finais de linhagens.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., análise multivariada, índice de seleção.

SELECTION OF IDEOTYPES IN BREEDING OF BEANS FOR AGRONOMIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERS

ABSTRACT: *The grain yield has been increased by selecting characteristics related to it. The term ideotype thus arises, in which productive plants can only be achieved if agronomic and physiological characters are considered simultaneously. The objective of this study was to select bean ideotypes contemplating agronomic and physiological traits from genotypes from different sources of genetic variability. To meet this objective, an experiment was carried out in augmented blocks of Federer with five replicates and evaluated 100 bean genotypes, among them germplasm accesses, genotypes from hybridization and induced mutation. Six characters of agronomic and physiological importance were evaluated, such as the insertion of the first pod, stem diameter, weight of a thousand grains, grain yield and chlorophyll a and b contents. The characters were evaluated together using multivariate analysis. A selection index of Mulamba; Mock, (1978) was used, and the genotypes that showed higher rankings were compared with the controls of the same commercial group (Carioca or Black) by means of contrasts. The analysis of variance revealed a differential effect among the evaluated genotypes, indicating that there is a difference between at least two populations for the averaging vectors considered. Considering a selection pressure of 5%, five mutant populations showed a lower sum of ranks in the selection index, constituting promising populations for plant breeding. Among these populations, the second ranked population (PMP_100 M₆), showed a favorable ranking in terms of chlorophyll content (7th in chlorophyll a content and 5^o in chlorophyll b content) and for the insertion of the first legume (4th) and diameter of the stem (6th). The contrasts revealed that of the selected populations, only two were considered superior to the controls, PMP_100 M₆ and PMC_200 M₅. The characteristics insertion of the pod, the weight of the thousand grain mass and the chlorophyll a content revealed a greater participation in the discrimination of the genotypes compared to the controls. The populations PMP_100 M₆ and PMC_200 M₅ constitute plant ideotypes for both agronomic and physiological characters and should be selected for evaluation in final lines trials.*

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., multivariate analysis, selection index.

INTRODUÇÃO

Um grande desafio dos programas de melhoramento de plantas é desenvolver novos genótipos que revelem desempenho satisfatório comparativamente aos genótipos já cultivados (ALLARD, 1960; CECCARELLI, 2015). Este objetivo

vislumbra-se em todas as culturas agrícolas, inclusive no feijão. O feijão é um dos principais componentes da alimentação brasileira, por ser uma excelente fonte de proteínas, sendo consumido por todas as classes sociais, principalmente pelas de menor poder aquisitivo (BARILI et al., 2016). Ainda que o Brasil revele alto potencial para produção de feijão, existem lacunas a serem preenchidas na cadeia produtiva, como também no melhoramento desta espécie.

No caso do feijão, além dos caracteres diretamente produtivos como o rendimento de grãos, vale destacar que esta espécie exhibe características que necessitam de aprimoramento. Entre elas destaca-se a arquitetura de planta, com ênfase na seleção de plantas que exibam elevada inserção do primeiro legume e diâmetro do caule, que facilitam o uso de práticas culturais e permitem a colheita mecanizada (SILVA et al., 2013). Além da arquitetura, é necessário garantir que os genótipos selecionados exibam características vinculadas a vias metabólicas que subsidiam na resistência e tolerância a estresses bióticos e abióticos (GREGERSEN et al., 2013), como por exemplo, maximizando a eficiência fotossintética (ZHU et al., 2010).

A consideração de todos estes caracteres simultaneamente, sugere o que se conhece como melhoramento por meio de ideótipos, como proposto por Donald (1968). Ideótipo é um modelo hipotético de uma espécie que define características morfofisiológicas positivamente correlacionadas com o rendimento de grãos. Isto se torna uma ferramenta chave, visto que a produtividade tem sido aumentada por meio da seleção de características com ela relacionadas (TRETOWAN, 2014). No caso do feijão, Adams (1973) revelou que dentre as características que compõe um ideótipo desta espécie seria a soma de um caule grosso e vigoroso com numerosos nós, taxa de crescimento que permita rápida acumulação de área foliar ótima e taxa fotossintética alta e constante em todas as folhas.

Para alcançar a seleção de um ideótipo, deve-se fundamentalmente dispor de variabilidade genética. Esta variabilidade pode ser alcançada através de seleção em acessos, hibridações dirigidas ou mesmo por meio de mutação induzida. Dentre estes métodos para ampliação e criação de variabilidade genética, pode-se considerar as hibridações dirigidas e as mutações como os métodos mais utilizados (MELO et al., 2017). A hibridação dirigida implica em combinações de alelos favoráveis provenientes dos diferentes genitores hibridados. Enquanto que, as mutações induzidas são utilizadas essencialmente para a inserção de uma ou poucas características em um genótipo bem adaptado (BROCK, 1971). A avaliação de

genótipos oriundos de diferentes fontes de variabilidade aumenta as chances de reunir em um único genótipo múltiplos caracteres de interesse. O objetivo deste trabalho foi selecionar ideótipos de feijão contemplando caracteres agrônômicos e fisiológicos a partir de genótipos oriundos de diferentes fontes de variabilidade genética.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular (IMEGEM), na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), município de Lages-SC. O delineamento experimental foi blocos aumentados de Federer com cinco repetições. A unidade experimental foi composta por quatro linhas com quatro metros de comprimento, espaçadas a 0,45 m e com densidade de 15 plantas por metro linear. A área útil foi composta pelas duas linhas centrais, com três metros de comprimento.

Foram avaliados 100 genótipos de feijão em ensaio preliminar:

i) Cinco testemunhas: duas cultivares do grupo carioca (BRS Pérola e Iapar 81) e três do cultivares do grupo preto (IPR Uirapuru, IPR Chopim e BRS Campeiro);

ii) Setenta e sete populações mutantes: oriundas da irradiação por meio do agente mutagênico físico raios gama (provenientes de ⁶⁰Cobalto nas cultivares IPR Chopim, Iapar 81, IPR Uirapuru e Pérola). As doses totais irradiadas e absorvidas foram 100 e 200 grays (Gy), que originou oito populações mutantes na geração M₁. Tais populações foram conduzidas pelo método de *bulk* dando origem a linhagens em gerações avançadas como M₅, M₆ e M₇. As populações foram então nomeadas como:

- a) Populações mutantes IPR Chopim: PMC_100 e PMC_200;
- b) Populações mutantes Iapar 81: PMI_100 e PMI_200;
- c) Populações mutantes IPR Uirapuru: PMU_100 e PMU_200;
- d) Populações mutantes Pérola: PMP_100 e PMP_200.

As populações também foram representadas pela respectiva geração (M₅, M₆ e M₇).

iii) Três seleções em acessos: oriundos da seleção em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da UDESC. Sendo eles BAF161-01, BAF065-02 e BAF008-02.

iv) Quinze populações híbridas: oriundas de hibridação dirigida entre os acessos do Banco de germoplasma (BAF07, BAF09, BAF50 e IPR Uirapuru), na geração F₅.

Considerando o delineamento de blocos aumentados de Federer com cinco repetições e as 100 populações distribuídas entre os blocos com repetição apenas de testemunhas, o experimento constou de 120 parcelas.

Ao longo da condução do experimento foram avaliados seis caracteres de importância agrônômica e fisiológica em cinco plantas da parcela aleatoriamente escolhidas, sendo eles: Inserção do primeiro legume em cm (AIL), diâmetro do caule em mm (DIC), peso de 1000 grãos em kg (PMG), rendimento de grãos kg ha⁻¹ (RDM), teor de clorofila *a* (TA) e teor de clorofila *b* (TB). Considerando as 120 parcelas e a avaliação de cinco plantas, foram obtidas 600 observações por variável resposta.

Os teores de clorofila TA e TB foram avaliados durante a senescência fisiológica (estágio R₉) como indicativo da maturação fisiológica, com uso do clorofilômetro portátil ClorofiLog (MONJE; BUGBEE, 1992). O equipamento utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda=635\text{nm}$ e 660nm) e outro no infravermelho próximo ($\lambda=880\text{nm}$) emitindo índices de clorofila Falker - ICF. Enquanto que os caracteres AIL, DIC, PMG e RDM foram aferidos após a colheita do ensaio.

Os seis caracteres descritos foram avaliados simultaneamente em uma análise multivariada, para exploração das hipóteses a respeito do comportamento dos genótipos estudados. O modelo matemático multivariado empregado considera:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{bloco}_k + \text{genótipo}_i + e_{ijk}$$

Sendo: Y_{ijk} : são os valores observados para os vetores de médias na i -ésima unidade experimental no k -ésimo bloco e j -ésimo genótipo; μ : é a média geral esperada; bloco_k : é o efeito devido ao k -ésimo nível do fator bloco com $k = 1$ a 5 ; genótipo_i : é o efeito devido ao j -ésimo nível do fator genótipo com $j = 1$ a 100 e e_{ijk} : é o efeito do erro entre as unidades experimentais, e correspondente – no caso do delineamento considerado – a fonte de variação genótipo(bloco).

As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias multivariada foram testadas antes de prosseguir com as análises. Os dados foram submetidos a Análise de Variância Multivariada (MANOVA) pelo teste Lambda de Wilks a 5% de significância. Foram obtidos o índice de seleção de Mulamba; Mock, (1978) com 5% de seleção. Estes autores propuseram o índice com base na soma de postos (ou “*ranks*”), que consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são

somadas as ordens de cada genótipo referente a cada característica, resultando em uma medida adicional, tomada como índice de seleção.

A partir dos resultados obtidos pelo índice de seleção, os melhores genótipos, ou seja, os genótipos que foram capazes de reunir positivamente todos os caracteres para a composição do ideótipo, foram estimados contrastes de médias multivariados entre os mesmos e as testemunhas, considerando o grupo comercial.

Em caso de variação multivariada significativa nos contrastes, a origem da variação e a contribuição dos caracteres agrônômicos foram detectados para os genótipos por meio da análise discriminante canônica (HAIR et al., 2007). A análise discriminante canônica (CCP) foi empregada para observar quais variáveis-respostas apresentam maior peso canônico para diferenciação dos genótipos, sendo que: *i*) valores positivos indicam efeito de separação e contribuem para discriminar os genótipos e *ii*) valores negativos reduzem o efeito da variável-resposta em questão e não revelam contribuição na discriminação.

As análises quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade foram executadas com auxílio da macro MULTINORM e do procedimento DISCRIM, respectivamente. Enquanto que as análises de variância multivariada (MANOVA) e a discriminação dos genótipos foram executados utilizando-se os modelos lineares gerais (procedimento GLM). Todas as análises foram executadas no software SAS.

RESULTADOS

A análise de variância multivariada mostrou diferença significativa para os vetores de média do fator genótipo (Tabela 1). Este fato mostra que existe uma expectativa de que os genótipos avaliados possam constituir um ideótipo de planta para o melhoramento genético. A origem dos genótipos avaliados (populações mutantes, acessos ou híbridos) podem estar contribuindo positivamente para a existência de variabilidade genética. Enquanto que o fator bloco não resultou em efeito significativo ($p=0,2180$). Este fato é importante visto permitir conclusões com menores vieses em relação aos testes de hipóteses, pois os blocos revelaram efeitos iguais sobre os genótipos e são homogêneos. Diante disso, é necessário identificar quais genótipos são promissores para a diferença observada.

Tabela 1. Resumo da análise de variância multivariada para os fatores genótipo e bloco considerando os caracteres agronômicos e fisiológicos: inserção de primeiro legume (IPL), diâmetro de caule (DIC), massa de 1000 grãos (MMG), rendimento de grãos (RDM), teor de clorofila *a* (TA) e teor de clorofila *b* (TB).

Table 1. Summary of the multivariate analysis of variance for the genotype and block factors considering the agronomic and physiological characteristics: first pod insert (IPL), stem diameter (DIC), mass of 1000 grains (MMG), grain yield (RDM), chlorophyll a content (TA) and chlorophyll b content (TB).

Efeito	Valor Lambda de Wilks	Pr > F
População	0,01	0,0103
Bloco	0,13	0,2180

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_k$, H_A: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k$

O índice de seleção multivariado Mulamba; Mock, (1978) revelou que dentre os genótipos das primeiras cinco posições encontram-se populações mutantes. Destes, três pertencem ao grupo comercial carioca e duas ao grupo comercial preto. A primeira população ranqueada (PMI_200 M₇), além de revelar bom desempenho quanto aos caracteres agronômicos, foi considerada a população com o 2º maior teor de clorofila *b* dentre todas as demais (Tabela 2).

A 2ª população ranqueada (PMP_100 M₆), com uma diferença mínima em relação a primeira, revelou um ranqueamento proeminente em relação aos teores de clorofila (7º em TA e 5º em TB) e reuniu também posições favoráveis em relação a caracteres adaptativos como a inserção do primeiro legume (4º) e diâmetro do caule (6º). Entretanto, revelou o pior desempenho quanto ao rendimento de grãos (59º) comparativamente as demais quatro populações.

Tabela 2. Índice de seleção soma de ranks de Mulamba; Mock, (1978) exibindo os primeiros genótipos ranqueados conforme a soma dos ranks das características agronômicas e fisiológicas: inserção de primeiro legume (IPL), diâmetro de caule (DIC), massa de 1000 grãos (MMG), rendimento de grãos (RDM), teor de clorofila *a* (TA) e teor de clorofila *b* (TB).

Table 2. Rank sum selection index of Mulamba; Mock, (1978) showing the first genotypes ranked according to the sum of the ranks of the agronomic and physiological characteristics: first pod insert (IPL), stem diameter (DIC), mass of 1000 grains (MMG), grain yield (RDM), chlorophyll a content (TA) and chlorophyll b content (TB).

Genótipo	AIL	DIC	PMG	RDM	TA	TB	Soma dos ranks
PMI_200 M ₇	21º	38º	12º	13º	12º	2º	98
PMP_100 M ₆	4º	6º	18º	59º	7º	5º	99
PMP_100 M ₅	56º	24º	4º	10º	9º	6º	109
PMU_100 M ₅	41º	3º	65º	17º	2º	9º	137
PMC_200 M ₅	3º	22º	60º	2º	24º	38º	149

Em relação aos genótipos do grupo preto, pode-se destacar a população PMU_100 M₅ pela segunda colocação quanto ao teor de clorofila *a*, e revelando bom desempenho quanto ao teor de clorofila *b* (9º) e ao diâmetro do caule (3º). Já a

constituição genética PMC_200 M₅ ainda que considerada a 5^a colocada geral, mostra-se altamente desejável pois apresenta elevada inserção do primeiro legume (3^o), caráter este de importância para colheita mecanizada, além de apresentar alto rendimento de grãos (2^o).

Ainda que o índice de seleção seja altamente informativo, torna-se necessário comparar estes resultados utilizando-se algum teste de hipótese. Além disso, é necessário identificar se estas diferenças podem ser evidenciadas quando comparadas com cultivares já utilizadas no mercado. Desta forma, foram obtidos contrastes de médias entre as populações selecionadas em relação as testemunhas do ensaio, pertencentes ao mesmo grupo comercial.

De acordo com os contrastes, é possível verificar que a população PMI_200 M₇ não revelou diferenças significativas comparativamente as testemunhas de mesmo grupo comercial a 5% de significância, ainda que considerada a população com a maior soma dos ranks (Tabela 3). Assim, apesar de revelar um desempenho satisfatório, não foi capaz de superar o desempenho de cultivares do mesmo grupo comercial.

Tabela 3. Teste multivariado Lambda de Wilks para os contrastes entre os genótipos e as testemunhas do mesmo grupo comercial. Coeficientes canônicos padronizados (CCP) para os caracteres agrônômicos e fisiológicos: inserção de primeiro legume (IPL), diâmetro de caule (DIC), massa de 1000 grãos (MMG), rendimento de grãos (RDM), teor de clorofila a (TA) e teor de clorofila b (TB).

Table 3. Wilks Lambda multivariate test for the contrasts between the genotypes and the controls of the same commercial group. Standardized canonical coefficients (CCP) for agronomic and physiological characters: first pod insert (IPL), stem diameter (DIC), mass of 1000 grains (MMG), grain yield (RDM), chlorophyll a content (TA) and chlorophyll b content (TB).

Contraste	λ	IPL	DIC	PMG	RDM	TA	TB
PMI_200 M ₇ versus Pérola	0,65	0,45	0,10	0,21	0,18	-0,05	0,68
PMI_200 M ₇ versus Iapar 81	0,55	0,46	-0,16	0,69	0,19	0,13	0,51
PMP_100 M ₆ versus Pérola	0,45*	0,97	0,45	0,21	-0,05	1,57	-0,71
PMP_100 M ₆ versus Iapar 81	0,45*	1,03	0,24	0,62	-0,02	1,70	-0,73
PMP_100 M ₅ versus Pérola	0,68	0,39	0,01	0,62	0,25	0,71	0,12
PMP_100 M ₅ versus Iapar 81	0,53	0,37	-0,23	0,94	0,22	0,68	0,06
PMU_100 M ₅ versus Uirapuru	0,48	0,74	0,60	0,20	-0,02	1,74	-0,87
PMU_100 M ₅ versus Chopim	0,54	0,28	0,25	0,81	0,08	1,53	-0,66
PMU_100 M ₅ versus Campeiro	0,53	0,43	0,68	-0,34	-0,07	1,37	-0,70
PMC_200 M ₅ versus Uirapuru	0,43*	1,09	0,14	0,53	0,13	2,04	-1,27
PMC_200 M ₅ versus Chopim	0,46*	0,69	-0,22	1,05	0,21	1,79	-1,07
PMC_200 M ₅ versus Campeiro	0,56	1,00	0,19	0,08	0,11	2,05	-1,36

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste Lambda de Wilks (λ).

De modo contrário, houve diferenças significativas a 5% de significância ao comparar o desempenho da população PMP_100 M₆ com ambas as testemunhas do grupo comercial carioca. Em ambas as comparações, esta diferença se deve a contribuição positiva dos caracteres IPL (0,97 e 1,03), DIC (0,45 e 0,24), PMG (0,21 e 0,62) e TA (1,57 e 1,70). Revelando assim a possibilidade de reunir em uma única constituição genética, diversos caracteres de interesse. Particularmente, dentre todos os caracteres, o teor de clorofila *a* apresentou a maior contribuição relativa comparativamente aos demais, correspondendo a uma diferença de 3,41 ICF (índice de clorofila Falker) superior a testemunha lapar e 3,48 ICF superior a testemunha Pérola. Com isso, esta população pode ser selecionada para ensaios finais de linhagens, pois revela elevado desempenho produtivo e fisiológico.

Com relação as populações avaliadas oriundas do grupo comercial preto, nota-se que apenas a população PMC_200 M₅ revelou diferença significativa comparada as testemunhas IPR Uirapuru e IPR Chopim. Com relação a testemunha Uirapuru, todas as características contribuíram positivamente na discriminação dos genótipos, exceto TB. Já com relação à cultivar IPR Chopim, além do TB o caráter DIC também não contribuiu para discriminação. Esta população também pode ser alvo para seleção pelo melhorista pois constitui um excelente ideótipo de planta. Além de diferenças expressivas em relação as testemunhas para o TA (0,97 ICF superior a Chopim e 1,07 ICF superior a Uirapuru), a população revela superioridade quanto ao rendimento de grãos. Estima-se uma diferença real de 1344 kg ha⁻¹ superior a testemunha Chopim e de 1081 kg ha⁻¹ superior a testemunha Uirapuru.

Baseado na utilização de um índice de seleção e nos contrastes entre as populações e as respectivas testemunhas do mesmo grupo comercial é possível selecionar duas linhagens candidatas para ensaios finais de linhagens. Tais linhagens, contemplam simultaneamente características agrônômicas e fisiológicas positivas constituindo um ideótipo de planta.

DISCUSSÃO

A análise de variância é a primeira etapa a ser realizada em ensaios para a discriminação de genótipos e fornece informações importantes quanto a existência de diferentes constituições genotípicas. As informações obtidas a partir dos ensaios experimentais podem ser enriquecidas quando analisadas de forma multivariada

(DAWSON et al., 2012; YEATER et al., 2015). Frequentemente, as variáveis são igualmente importantes ou inter-relacionam-se, estabelecendo uma estrutura de interesse para a pesquisa (FERREIRA, 2008). A análise multivariada no melhoramento genético pode, por exemplo, facilitar a classificação e a identificação de constituições genéticas superiores (COIMBRA et al., 2007).

A identificação de ideótipos no melhoramento de plantas pode ter como aliado o uso de ferramentas multivariadas (MARTUSCELLO et al., 2015). A concepção de uma planta ideal deve considerar a variância e covariância entre os caracteres avaliados, revelando diferenças mais fidedignas entre os genótipos. O trabalho indicou a presença de diferenças significativas para os vetores de médias considerados. Possivelmente, as constituições genéticas avaliadas podem ser promissoras para constituição de um ideótipo de planta.

O índice de seleção revelou quais populações revelaram menor soma dos ranks em relação favorável ao melhoramento de plantas. Foi demonstrado que as populações avaliadas reúnem simultaneamente caracteres de interesse agrônomo e fisiológico. Na literatura, o número de trabalhos que utilizam índices de seleção considerando simultaneamente caracteres agrônômicos e fisiológicos ainda é escasso. Bertoldo et al. (2010) avaliaram sete caracteres em acessos de feijão utilizando dois índices de seleção, e detectaram que o acesso UDESC 03 poderia ser selecionado devido seu desempenho superior, constatado pelos dois índices.

No presente trabalho, foi observado o desempenho de cinco populações mutantes que revelaram menor soma de ranks em relação as características agrônômicas e fisiológicas. Dentre essas populações, a segunda população ranqueada, PMP_100 M₆ revelou ranqueamento favorável em relação aos caracteres agrônômicos inserção do primeiro legume (4^o) e diâmetro do caule (6^o). Tais características são desejáveis para a composição de um ideótipo. Primeiramente, pois plantas que apresentam elevada inserção do primeiro legume estão associadas a um porte ereto, o que facilita a colheita manual e mecanizada, além de preservar a qualidade das sementes pelo menor contato dos legumes com o solo. Além disso, outro fator a ser considerado é que um aumento significativo no número de legumes não poderia ser suportado por uma planta que não revelasse um elevado diâmetro do caule (ROCHA et al., 2009).

Além de elevado desempenho nos caracteres agrônômicos, estas populações revelaram desempenho satisfatório quanto ao teor de clorofila *a*. A mesma população citada anteriormente (PMP_100 M₆) revelou a 7^a colocação neste caráter. A clorofila

a está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica e está envolvida principalmente no primeiro estágio da fotossíntese (fase clara) (TAIZ et al., 2017). Genótipos que revelem quantidades superiores de clorofila podem, na ausência de fatores limitantes, elevar os processos fotossintéticos gerando mais assimilados e resultando em plantas mais produtivas (THOMAS; OUGHAM, 2014).

A decisão sobre a seleção de um determinado genótipo, não pode, entretanto, basear-se apenas no ranqueamento dos mesmos. A comparação por contrastes de médias em relação aos genótipos atualmente cultivados possibilita uma decisão mais fidedigna a respeito da seleção do ideótipo. Os contrastes revelaram que duas populações foram significativamente superiores às testemunhas, sendo uma do grupo comercial carioca (PMP_100 M₆) e uma do grupo comercial preto (PMC_200 M₅). Os coeficientes canônicos padronizados revelaram que a inserção do primeiro legume, o peso de mil grãos e o teor de clorofila a revelaram maior participação na discriminação dos genótipos. De fato, estas populações podem constituir ideótipos de planta favoráveis ao melhoramento genético.

O melhoramento por meio de ideótipos é considerado uma ferramenta chave para os melhoristas. Diversos fatores como i) harmonia do tamanho das partes da planta, ii) presença de pleiotropia e iii) efeitos de compensação, devem ser levados em conta no relacionamento das características observadas (MARTUSCELLO et al., 2015).

CONCLUSÕES

As populações PMP_100 M₆ e PMC_200 M₅ constituem ideótipos de plantas tanto para caracteres agrônômicos e fisiológicos e devem ser selecionadas para avaliação em ensaios finais de linhagens.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão de bolsa e pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. W. **Plant architecture and physiological efficiency in the field bean**. In: Potentials of Field Beans and Other Legumes in Latin America. CIAT, Cali, 1973. p. 266-278.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2.ed. New York: Wiley, 1960. 485p.
- BARILI, L. D.; VALE, N. M. do; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, F. D.; SILVA, F. L. Five decades of black common bean genetic breeding in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, jul./set. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4641371>
- BERTOLDO, J. G.; BARILI, L. D.; VALE, N. M.; COIMBRA, J. L. M.; SÄLHELIN, D.; GUIDOLIN, A. F. Genetic gain in agronomic traits of common bean in the region of Planalto Catarinense. **Euphytica**, Netherlands, v. 171, n. 3, p. 381-388, fev. 2010.
- BROCK, R. D. The role of induced mutations in plant improvement. **Radiation Botany**, v.11, p. 181-196, 1971.
- CECCARELLI, S. Efficiency of plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 55, n. 1, p. 87-97, jan./feb. 2015. DOI: [10.2135/cropsci2014.02.0158](https://doi.org/10.2135/cropsci2014.02.0158)
- COIMBRA, J. L. M.; SANTOS, J. C. P.; VICENTE, M. A.; BARZOTTO, I. Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 313, p. 270-276, 2007.
- DAWSON, J. C.; SERPOLAY, E.; GIULIANO, S.; SCHERMANN, N.; GALIC, N.; CHABLE, V.; GOLDRINGER, I. Multi-trait evolution of farmer varieties of bread wheat after cultivation in contrasting organic farming systems in Europe. **Genetica**, v. 140, p. 1-17, jun. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10709-012-9646-9>
- DONALD, C. M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Netherlands, v.17, n.3, p. 385-403, dez. 1968. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00056241>
- FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: UFLA, 2008. 659p.
- GREGERSEN, P. L.; CULETIC, A.; BOSCHIAN, L.; KRUPINSKA, K. Plant senescence and crop productivity. **Plant Molecular Biology**, v. 82, n. 6, p. 603-622, mai./ago. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11103-013-0013-8>

HAIR, J. F. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

MARTUSCELLO, J. A.; BRAZ, T. G. S.; JANK, L.; CUNHA, D. N. F. V.; CARVALHO, A. L. S. Identification of ideotypes by canonical analysis in *Panicum maximum*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 2, p. 147-153, mar./abr., 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542015000200006>

MELO, R. C. de; TREVISANI, N.; PEREIRA, T. C. V.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Heterozygosity level and its relationship with genetic variability mechanisms in beans. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 48, n. 3, p. 480-486, jul./set., 2017. DOI: 10.5935/1806-6690.20170056

MONJE, O. A.; BUGBEE, B. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. **Hort Science**, v. 27, n. 1, p. 69-71, jan. 1992.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

ROCHA, F.; BARILI, L. D.; GARCIA, S. H.; MODENA, R.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; BERTOLDO, J. G. Seleção em populações mutantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para caracteres adaptativos. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p.19-27, jun. 2009. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n2p19>

SILVA, V. M. P.; CARNEIRO, P. C. S.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; CARNEIRO, V. Q. C.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D.; BORÉM, A. Genetic potential of common bean parents for plant architecture improvement. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 3, p. 167-175, mai./jun. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000300005>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TRETHOWAN, R.M. **Defining a genetic ideotype for crop improvement**. In: Fleury D., Whitford R. (eds) *Crop Breeding. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, vol 1145. Humana Press, New York, NY, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0446-4_1

THOMAS, H.; OUGHAM, H. The stay-green trait. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 65, p. 3889-3900, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru037>

ZHU, X. G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, n. 1, p. 235-261, jun. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112206>

YEATER, K. M.; DUKE, S. E.; RIEDELL, W. E. Multivariate Analysis: Greater insights into complex systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 2, p. 799-810, ago. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj14.0017>