

GABRIEL MENDES CONCEIÇÃO DA PAZ

**POTENCIAL GENÉTICO DE FAMÍLIAS F2:4 DO PROGRAMA
TRIGO UFV**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em genética e
melhoramento, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

Orientador: Maicon Nardino

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2023

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P348p
2023 Paz, Gabriel Mendes Conceição da, 1998-
Potencial genético de famílias F2:3 do programa trigo UFV
/ Gabriel Mendes Conceição da Paz. – Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (23 f.): il.

Orientador: Maicon Nardino.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2023.
Referências bibliográficas: f. 21-23.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.737>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Triticum aestivum*. 2. Trigo - Melhoramento genético.
I. Nardino, Maicon, 1988-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 22. ed. 633.112

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523


GABRIEL MENDES CONCEIÇÃO DA PAZ

POTENCIAL GENÉTICO DE FAMÍLIAS F2:4 DO PROGRAMA TRIGO UFV


Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Genética e
Melhoramento, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2023

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **GABRIEL MENDES CONCEIÇÃO DA PAZ**
Data: 15/08/2024 16:39:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gabriel Mendes Conceição da Paz
Autor

Documento assinado digitalmente
 **MAICON NARDINO**
Data: 15/08/2024 20:41:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maicon Nardino
Orientador

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Jerusa Mendes Conceição da Paz e ao meu pai Osvaldo Pereira da Paz pelo apoio incondicional durante toda a minha trajetória e por serem minhas referências e fontes de inspiração, os colegas do Programa Trigo - UFV pela parceria, aprendizado e ajuda nas atividades, ao professor Maicon Nardino pela orientação, ensinamentos, companheiros e incentivos e a Universidade Federal de Viçosa uma instituição pública, gratuita e de qualidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e CAPES pelo constante apoio à pesquisa e incentivo à formação de novos cientistas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Sem a ajuda destas instituições, não seria possível realizar este trabalho e alcançar os resultados apresentados. Agradecemos também ao corpo docente do programa de pós graduação em genética e melhoramento.

Resumo

DA PAZ, Gabriel Mendes Conceição, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **Potencial genético de famílias F_{2:4} do Programa Trigo UFV.** Orientador: Maicon Nardino.

O trigo é um dos principais cereais consumidos e produzidos mundialmente, com uma produção de 775,81 milhões de toneladas em 2020/21. No entanto, o Brasil depende da importação, embora a região tropical apresente um grande potencial para o cultivo, são reduzidas as cultivares disponíveis no mercado. Esta pesquisa foi conduzida na Universidade Federal de Viçosa, seguindo um delineamento de blocos aumentados com nove blocos, sendo as testemunhas repetidas. As características avaliadas foram: altura de planta (AE, em cm), comprimento de espiga (CE, em cm), massa de cem sementes (M100, em g) e produtividade de grãos (GY, em kg/ha). A análise de variância revelou que há variabilidade genética para as quatro características, e as famílias apresentaram resultados superiores aos progenitores em relação ao comprimento de espiga, massa de 100 sementes e produtividade de grãos. A herdabilidade para essas variáveis foi de 45,74% para altura de planta, 66,77% para comprimento de espiga, 59,40% para massa de cem sementes e 78,20% para produtividade de grãos. O Índice Clássico de Smith e Hazel (1936) e Hazel (1943) resultou no maior ganho total, atingindo 49,40%, assim observa-se que há possibilidade de obtenção de famílias de trigo tropical superiores.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., índices de seleção, melhoramento de trigo

Abstract

DA PAZ, Gabriel Mendes Conceição, Federal University of Viçosa, February 2023.
Genetic potential of F_{2:4} families from the Wheat Program UFV. Advisor: Maicon Nardino

Wheat is one of the main cereals consumed and produced worldwide, with a production of 775.81 million tons in 2020/21. However, Brazil depends on imports and although the tropical region has great potential for cultivation, there are few cultivars available on the market. This research was conducted at the Federal University of Viçosa, following an augmented block design with nine blocks, with only the control blocks being repeated. The characteristics evaluated were: plant height (AE, in cm), ear length (CE, in cm), hundred-seed mass (M100, in g) and grain yield (GY, in kg/ha). The analysis of variance revealed that there is significant genetic variability for all four traits, and the families showed superior results to the parents in relation to ear length, 100-seed mass and total plot yield. The heritability for these variables was 45.74% for plant height, 66.77% for ear length, 59.40% for 100-seed mass and 78.20% for total plot productivity. The Classic Index of Smith and Hazel (1936) and Hazel (1943) resulted in the highest total gain, reaching 49.40%, so it can be seen that there is a possibility of obtaining superior tropical wheat families

Keywords: *Triticum aestivum* L., selection indexes, wheat improvement

Lista de tabelas

Tabela 1: Lista de cruzamentos dos progenitores e a quantidade de família oriunda de cada	11
Tabela 2: Peso econômico e sentido de seleção atribuído em cada variável para o índice de soma Ranks - Mulamba e Mock (1978)	13
Tabela 3: Resumo da análise de variância individual da altura de planta (AE), Comprimento de espiga (CE), Massa de cem sementes (M100) e Produtividade total da parcela (GY) referente à avaliação de famílias de trigo F2:4 sobre sistema irrigado, geração F2:3. Viçosa, MG	15
Tabela 4: Ganho de seleção (GS) para o índice de seleção direta sobre as variáveis Altura de planta (AE), Comprimento de espiga (CE), Massa de cem sementes (M100) e Produtividade total da parcela (GY)	17
Tabela 5: Ganho de seleção (GS) para o índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943) e para o índice seleção baseada na soma de ranks sobre as variáveis Altura de planta (AP), Comprimento de espiga (CE), Massa de cem sementes (M100) e Produtividade total da parcela (GY)	18
Tabela 6: Comparação do ganho de seleção dos diferentes índices de seleção utilizado para as variáveis Altura de planta (AE), Comprimento de espiga (CE), Massa de cem sementes (M100) e Produtividade total da parcela (GY) para os diferentes índices	19
Tabela 7: Porcentagem de coincidência dos genótipos selecionados pelos diferentes índices, utilizados para as variáveis, Altura de planta (AP), Comprimento de espiga (CE), Massa de cem sementes (M100) e Produtividade total da parcela (GY)	20

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Objetivo	10
3 Material e métodos	10
3.1 condução dos experimentos	10
3.2 Características analisadas	11
3.3 Análises genético-estatística	12
3.3.1 Seleção direta e indireta	12
3.3.2 Índice baseado em Soma de Ranks - Mulamba e Mock (1978).....	12
3.3.3 Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943)	13
4 Resultados	14
4.1 Avaliação de famílias F2:4	14
4.2 Seleção direta e indireta de famílias F2:4	16
4.3 Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943)	17
4.4 Índice baseado em Soma de Ranks - Mulamba e Mock (1978).....	18
4.5 Comparação dos índices	19
5. Considerações finais	20
6. Referências bibliográficas	21

1. INTRODUÇÃO

O trigo é um dos principais cereais cultivados e consumidos no mundo, responsável por cerca de 17% da área cultivada do planeta e 30% da produção total de grãos (De Mori, 2015). Ele é utilizado na alimentação humana como base de alimentos como massas, biscoitos e pães, sendo uma importante fonte de energia, carboidratos e proteínas, além de ser utilizado na alimentação animal.

Na safra de 2020/21, foram produzidos 775,81 milhões de toneladas (Mt) desse grão. Os principais países produtores foram a China (134,25 Mt), Índia (107,86 M), Rússia (85,35 Mt), Estados Unidos (49,69 Mt) e os países membros da União Europeia, que juntos produziram 125,94 Mt (ABITRIGO, 2021). Esses mesmos países são os principais consumidores, representando juntos 56,15% do consumo mundial. É válido ressaltar que a área cultivada no mundo tem se mantido estável em 222 milhões de hectares desde 1987 (USDA, 2022). Nesse contexto, o Brasil contribuiu com 7,7 milhões de toneladas no ano de 2021, valor insuficiente para abastecer o mercado interno, que possui uma média anual de consumo de 11,4 milhões de toneladas (CONAB, 2022), tornando o país dependente da importação. Para aumentar a produção nacional, é necessário expandir a produção de trigo para outras regiões do país, uma vez que 88% da produção nacional se concentra no Sul. A região mais propícia para isso é o cerrado brasileiro, que está na região IV de adaptação para trigo no Brasil (CUNHA et al., 2006).

A região tropical do Brasil apresenta potencial para o cultivo do trigo, principalmente dentro do bioma cerrado, que abrange os estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul. Apesar de representar apenas 11,38% da produção na safra de 2020, observam-se altas produtividades nessa região, como no estado da Bahia, que apresentou 5.700 kg/ha, mais que o dobro do observado na região sul (2.683 kg/ha) (CONAB, 2020). Além disso, foi registrado um recorde de produtividade na fazenda Santa Fé, localizada na cidade de Cristalina (GO), com 8.388 kg/ha (PIRES et al., 2020), evidenciando o potencial de aumento na produção nacional que essa região pode proporcionar à triticultura nacional.

Outros pontos que favorecem essa região são a proximidade com consumidores da região Sudeste, a qualidade do trigo produzido para panificação, a possibilidade de cultivar o trigo na entressafra e a colheita a partir do final de julho, muito mais cedo em comparação com a região Sul (PASINATO et al., 2018), que é classificado como subtropical, diferente do cerrado brasileiro, que é tropical e com inverno seco (ALVARES et al., 2013), com essa diferença entre condições climáticas, a seleção de populações para o novo ambiente alvo deve se basear em genótipos adaptados e agronomicamente aptos a esse novo cenário (SIGNORINI et al., 2024).

Desta forma é fundamental desenvolver cultivares adaptadas à região do cerrado brasileiro para aumentar a produtividade nacional e alcançar a autossuficiência. Para isso, é importante utilizar métodos de seleção que nos permitam identificar os genótipos com maior probabilidade de sucesso.

2. OBJETIVO

Avaliar o potencial genético de famílias de trigo com aplicação de estratégias de seleção, e comparar os ganhos estimados entre os índices de seleção indireta, Índice baseado em Soma de Ranks - Mulamba e Mock (1978) e o índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condução dos experimentos

As famílias utilizadas no experimento são oriundas de um dialelo completo conduzido no ano de 2019 que utilizou oito genitores dando origem a 56 populações sendo as populações segregantes conduzidas pelo método genealógico onde foram selecionadas plantas individuais que foram conduzidas nas gerações subsequentes (F2:3 e F2:4) ambas conduzidas sob delineamento de blocos aumentados com nove blocos onde apenas as testemunhas foram repetidas, uma vez que elas eram os próprios genitores, vale pontuar que as plantas F2:3 foram semeadas em junho de 2021 sobre sistema irrigado no campo experimental Diogo Alves de Mello, área localizada no Departamento de Agronomia da UFV, já a geração avaliada neste presente experimento (F2:4) foi

implementada no ano de 2022 no campo experimental UEPE Aeroporto da Universidade Federal de Viçosa (UFV) com as avaliações realizadas entre os meses de abril e maio (verão/outono), também sobre o sistema irrigado possuindo 152 famílias oriundas dos diferentes cruzamentos do dialelo, sendo que cada cruzamento gerou um número diferente de progênies (Quadro 1). A semeadura manual foi realizada após a preparação do solo a partir da gradagem e demarcação das linhas de um metro, que estavam espaçadas a 20 cm entre si, a quantidade de sementes foi ajustada por genótipo com a finalidade de atingir uma densidade de 350 plantas/m².

Quadro 1: Lista dos cruzamentos e famílias derivadas entre sete combinações de trigo. Programa Trigo UFV.

Cruzamento	Número de famílias
BRS 254/CD 1303	26
BRS 264/CD1303	28
BRS 264/Tbio Aton	22
BRS 394/Tbio Aton	4
BRS 264/BRS 254	30
BRS 264/Tbio Sossego	20
BRS 394/CD 1303	22

3.2 Características analisadas

As características avaliadas foram:

Altura de planta (AP): Medida em centímetros, do solo até o ápice da espiga mais alta, desconsiderando as aristas, sendo avaliadas dez plantas por bloco, com ajuda de uma régua milimetrada e anotada em uma planilha;

Comprimento de espiga (CE): Medida em centímetros do ponto de inserção da espiga e seu ápice desconsiderando as aristas, sendo avaliadas dentro de cada bloco, dez plantas escolhidas de forma aleatória;

Massa de cem sementes (M100): obtido através da pesagem de cem sementes escolhidas aleatoriamente da parcela avaliada utilizando uma balança de precisão;

Produtividade de grãos (GY): obtida pela colheita manual de duas linhas de dois metros, trilhadas mecanicamente, os valores serão extrapolados para a produtividade $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3.3 Análises genético-estatística

Os dados de AP, CE, M100 e GY foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo todos efeitos considerados como aleatório menos a média e o efeito de bloco. O modelo estatístico para as análises individuais foi:

$$Y_{ij}: \mu + t_i + t_{(j)i} + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : Dado da parcela que recebeu o genótipo i , dentro do bloco j ;

μ : Média geral do experimento;

t_i : É o efeito do tratamento comum i

$t_{(j)i}$: Efeito do genótipo regular i no bloco j , com média zero e variância σ^2_g

b_j : efeito do bloco j

e_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} , com média zero e variância σ^2_e

3.3.1 Seleção direta e indireta

Inicialmente define-se qual o sentido do ganho de seleção que se quer atingir para cada variável, após isso cada variável é considerada de forma individual onde os genótipos são ranqueados com base no resultado para essa característica específica com a finalidade de se obter ganho máximo, e com isso busca-se a associação com as demais variáveis que indicam as respostas indiretas e esse processo se repete com todas as variáveis com a finalidade de estimar o ganho máximo para cada uma (Cruz, 2001).

3.3.2 Índice baseado em Soma de Ranks - Mulamba e Mock (1978)

A metodologia se baseia no ranqueamento das variáveis e na soma dos ranks dos genótipos utilizados. Inicialmente, é feita uma ordenação hierárquica para cada característica, considerando valores absolutos que representam os

melhores desempenhos. As famílias são classificadas de acordo com as definições e interesses do melhorista, levando em consideração que cada característica recebe pesos diferentes. Por exemplo, 0,7 para altura de planta (AP), 0,6 para comprimento de espiga (CE) e 1 para massa de cem sementes (M100) e produtividade de grãos (GY) (Tabela 2). Esses pesos visam favorecer as características principais, conseqüentemente, reduzir a influência das variáveis com menor importância no processo de melhoramento. Ao somar as ordens de cada família para as diferentes características, obtém-se um índice de seleção.

Tabela 2: Peso econômico e sentido de seleção atribuído em cada variável para o índice de soma Ranks - Mulamba e Mock (1978) e Smith (1936) e Hazel (1943)

Variável Seleccionada	Sentido da Seleção para Mulamba e Mock (1978)	Peso Econômico
AE	Inferior	0,7
CE	Superior	0,6
M100	Superior	1
GY	Superior	1

Altura de espiga (AE), Comprimento de espiga (CE), Massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (GY).

3.3.3 Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943)

Esse método se baseia na combinação linear de caracteres, utilizando a máxima correlação entre o índice (I) e o agregado genotípico (H). Para estimar o coeficiente de ponderação, são atribuídos pesos econômicos, sendo 0,7 para AE, 0,6 para CE e 1 para M100 e GY (Tabela 2). Os modelos utilizados estão ilustrados na Figura 1. Todas análises estatísticas foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 2016).

Figura 1: Modelo do Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943)

$$I = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_ny_n = \sum^n \quad \sum biy_i = y'b$$

$$H = a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_ng_n = \sum^n$$

$$\sum aigi = a'g$$

Em que:

I: Índice de seleção

H: Agregado genotípico

n: número de caracteres avaliados;

b: vetor de dimensão 1 x n dos coeficientes de ponderação do índice de seleção a ser estimado;

y': matriz de dimensão n x 1 de valores fenotípicos dos caracteres; a: é o vetor de dimensão 1 x n de pesos econômicos previamente estabelecidos;

g: matriz de dimensão g x 1 de valores genéticos desconhecidos dos n caracteres considerados.

4. RESULTADOS

4.1 Avaliação de famílias F_{2:4}

Para a variável altura de planta (AE), foi possível identificar variabilidade entre as famílias e também entre as testemunhas, sendo ambos significativos a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA). Em relação ao comprimento de espiga (CE), pode-se observar resultados significativos de famílias a 1% de probabilidade e para as testemunhas a 5%. Para a variável massa de cem sementes (M100), ambas as fontes apresentaram variabilidade significativa a 1%. A variável produtividade de grãos demonstrou a existência de variabilidade com significância entre famílias a 1% de probabilidade, por outro lado, entre as testemunhas não houve efeito significativo (Tabela 3).

Em resumo, as médias gerais das famílias foram maiores que a dos progenitores para as características comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (GY). Analisando a altura de planta (AP) observa-se que as testemunhas obtiveram uma maior média, porém nessa

variável o sentido da seleção é para redução, sendo assim as famílias obtiveram média satisfatória, evidenciando que existe variabilidade que pode ser explorada na seleção, os trabalhos de Abd El-Shafi., (2014) e Fellahi et al., (2018) também mostraram diferenças significativas entre as famílias em gerações de segregantes, ambos realizados com trigo.

Os coeficientes de variação geral (CV(%) geral) variaram de 6,38 (AP) a 16,00 (GY). Para comprimento de espiga (CE) e massa de cem sementes (M100), foram 6,66 e 6,60, respectivamente. De acordo com o trabalho de Nardino et al. (2022), que estimou os valores dessas características a partir de uma revisão de literatura e aplicou uma abordagem Bayesiana e frequentista, obteve-se um CVg estimado de 8,07% para M100, 6,63% para CE, 6,05% para AP e 12,64% para GY. Este último apresenta a maior discrepância em relação aos resultados do presente estudo.

Tabela 3: Resumo da análise de variância individual da altura de planta (AP, cm), Comprimento de espiga (CE, cm), Massa de cem sementes (M100, g) e Produtividade de grãos (GY, Kg ha⁻¹) referente à avaliação de famílias de trigo F2:4 sobre sistema irrigado, Viçosa, MG

FV	GL	Quadrados Médios			
		AP	CE	M100	GY
Famílias	151	59,85*	1,08**	0,17**	2169289,67**
Testemunhas	7	87,00*	1,11*	0,29**	530794,48ns
Resíduo	32	32,47	0,36	0,07	472860,22
Média geral		89,38	8,99	3,92	4296,89
Média das famílias		89,22	9,03	3,94	4223,99
Média das testemunhas		90,01	8,87	3,87	4573,93
CV(%) geral		6,38	6,66	6,60	16,00
CV(%) famílias		6,39	6,64	6,57	16,28
CV(%) testemunhas		6,33	6,76	6,69	15,03
h ² %		45,74	66,77	59,4	78,2

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não-significativo; pelo teste F. CV(%): coeficiente de variação, h²: herdabilidade

A herdabilidade das diferentes variáveis (Tabela 3) foi de 45,74% para altura de planta, 66,77% para comprimento de espiga (CE), 59,40% para massa de cem sementes (M100) e 78,20% para produtividade de grãos. É importante destacar que esses valores são iguais para todos os índices aplicados. De acordo com a classificação proposta por Resende (1997), a herdabilidade da variável AP é moderada, enquanto as outras características apresentam alta herdabilidade. Isso evidencia uma forte influência genética nas respostas das diferentes variáveis, que podem ser exploradas por meio da seleção. No estudo conduzido por Rapp et al. (2018), foram observados valores de h^2 (herdabilidade) de 0,60 e 0,75 em culturas agrícolas de trigo para a variável GY. Esses valores indicam uma seleção simultânea de características inferiores em relação aos obtidos no presente trabalho.

4.2 Seleção direta e indireta de famílias F_{2:4}

Para a seleção direta, foi estabelecido um critério inicial de interesse, em que a variável altura de planta (AP) teve como objetivo a redução, enquanto as demais buscavam o aumento. A seleção direta sobre AP (Tabela 4) resultou em um ganho de seleção (GS) de -6,26%, indicando uma diminuição na estatura das plantas. Indiretamente, isso resultou em perdas na (-17,24%) e na massa de cem grãos (-0,83), características de suma importância para a triticultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Meier et al. (2019), em que a seleção direta sobre AP resultou em GS negativo para sete das oito variáveis indiretamente afetadas.

Quando a seleção foi aplicada sobre o comprimento de espiga, houve um GS de 11,54% para essa característica, acompanhado por um aumento na produtividade de grãos 5,07%. Por outro lado, AP não apresentou a redução desejada. No entanto, é importante ressaltar que, de acordo com Würschum et al. (2018), existe uma correlação negativa entre essa variável e a compactação da espiga, indicando uma tendência de maior espaçamento entre as espiguetas, o que afetaria diretamente a produtividade. Esses resultados são corroborados por Silva et al. (2010), que apontaram que as plantas mais produtivas estavam associadas a espigas compactas. Portanto, é necessário ter cautela ao

selecionar essa característica de forma isolada. Para massa de cem grãos ocorreu um GS de 9,7%, entretanto foi acompanhado de um ganho de próximo a zero nas outras variáveis, analisando a seleção direta sobre GY observamos que isso resultou em 42,2% de ganho de seleção anexada a um ganho também para as outras variáveis AP, CE e M100 (1,53%, 2,17% e 3,36% respectivamente).

Tabela 4: Ganho de seleção (GS) para o índice de seleção direta sobre as variáveis Altura de planta (AP, cm), Comprimento de espiga (CE, cm), Massa de cem sementes (M100, g) e Produtividade de grãos (GY, Kg ha⁻¹).

Seleção direta sobre: AP		Seleção direta sobre: M100	
Variável	Gs %	Variável	Gs %
AP	-6.26	AP	0,17
CE	-2.62	CE	0,19
M100	-0.83	M100	9,47
GY	-17.24	GY	-0,09
Ganho total	-26,95	Ganho total	9,74
Seleção direta sobre: CE		Seleção direta sobre: GY	
Variável	Gs %	Variável	Gs %
AP	0.55	AP	1,53
CE	11.54	CE	2,17
M100	0.79	M100	3,36
GY	5,07	GY	42,2
Ganho total	17,95	Ganho total	49,26

4.3 Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943)

Esse índice apresentou um ganho total de 49,40%, sendo composto principalmente pelo aumento na produtividade de grãos, que teve um ganho de 41,87% (conforme Tabela 5). Em seguida, houve incremento no comprimento de espiga (3,58%), na massa de cem grãos (2,51%) e na altura de planta (AP) (1,44%). Vale ressaltar que o interesse específico é a redução na variável AP, buscando um ideótipo de plantas mais baixas. É importante destacar que alcançar resultado satisfatórios para todas as variáveis em uma análise múltipla

é um desafio complexo. Porém de acordo com Cruz (1990), a utilização de índices se mostra mais vantajoso em comparação com a seleção direta, uma vez que os ganhos obtidos tendem a ser mais distribuídos entre as características avaliadas.

Tabela 5: Ganho de seleção (GS) para o índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943) e para o índice seleção baseada na soma de ranks sobre as variáveis Altura de planta (AP, cm), Comprimento de espiga (CE, cm), Massa de cem sementes (M100, g) e Produtividade de grãos (GY, Kg ha⁻¹)

Variável	GS % do clássico de Smith (1936) e Hazel (1943)	GS % do índice seleção baseada na soma de ranks
AP	1,44	1,05
CE	3,58	1,61
M100	2,51	6,76
GY	41,87	35,69
Ganho total	49,40	45,11

4.4 Índice baseado em Soma de Ranks - Mulamba e Mock (1978)

Na análise dos resultados, observou-se que o Índice de Mulamba e Mock (1978) apresentou um maior ganho quando considerada a produtividade de grãos (GY), seguida pela massa de cem sementes (M100), comprimento de espiga (CE) e altura de planta (AP) com ganhos de 35,69%, 6,76%, 1,61% e 1,05%, respectivamente (conforme apresentado na Tabela 5).

Esses resultados demonstraram que a seleção com base no Índice de Mulamba e Mock foi eficiente para melhorar a produtividade grãos, mostrando sua utilidade na obtenção de ganhos significativos nesse parâmetro. A produtividade grãos é uma característica crucial para os produtores de trigo, pois está diretamente relacionada ao rendimento final e à rentabilidade da cultura.

Comparando os resultados obtidos neste estudo com os de outras pesquisas, como Fellahi et al. (2018) e Casagrande et al. (2022), verificou-se que o ganho total obtido pelo Índice de Mulamba e Mock foi superior. Isso pode ser atribuído ao fato de Casagrande et al. (2022) por exemplo trabalhou com um conjunto de 41 linhagens que possuía uma menor variabilidade genética.

4.5 Comparação dos índices

Visando a redução da altura de planta (AP), apenas a seleção direta (SD) sobre essa variável apresentou ganho de seleção (GS) negativo, mas resultou em GS negativo de forma indireta para todas as outras variáveis (conforme Tabela 6). Todas as variáveis obtiveram o maior GS quando o índice de seleção direta foi aplicado sobre elas próprias, o que era esperado, pois esse índice proporciona um maior ganho para o caráter em questão. No entanto, os ganhos indiretos foram menores do que o esperado, resultado observado em todas as seleções diretas, exceto na SD sobre GY, que inclusive foi o segundo índice com maior ganho total (49,26), ficando atrás apenas do Smith (1936) e Hazel (1943), que além de ter um ganho total maior (49,40), obteve resultados satisfatórios para as outras variáveis, especialmente para GY, onde teve um ganho quase igual ao da seleção direta.

O índice de Mulamba e Mock (1978) se destacou por apresentar um bom ganho na variável massa de cem grãos (6,76), ficando atrás apenas da SD da M100 (9,47). Entre os três maiores ganhos totais, foi o que apresentou menor ganho para AP, variável que se busca reduzir. Teixeira et al. (2017), em um trabalho realizado com soja, encontrou um maior GS total para esse índice, quando comparado ao de Smith (1936) e Hazel (1943), com ganhos mais proporcionais entre as dez características avaliadas, evidenciando a importância do método.

Tabela 6: Comparação do ganho de seleção dos diferentes índices de seleção, utilizados para as variáveis, Altura de planta (AP, cm), Comprimento de espiga (CE, cm), Massa de cem sementes (M100, g) e Produtividade de grãos (GY, Kg ha⁻¹) para os índices de seleção utilizados.

Índice de seleção	AP	CE	M100	GY	Ganho total
Seleção direta em AP	-6,26	-2,62	-0,83	-17,24	-26,95
Seleção direta em CE	0,55	11,54	0,79	5,07	17,95
Seleção direta em M100	0,17	0,19	9,47	-0,09	9,74
Seleção direta em GY	1,53	2,17	3,36	42,20	49,26
Mulamba e Mock (1978)	1,05	1,61	6,76	35,69	45,11
Smith (1936) e Hazel (1943)	1,44	3,58	2,51	41,87	49,40

Ao analisar a Tabela 7, é possível observar que a porcentagem de coincidência entre os genótipos selecionados variou de 0% a 84%. A maior porcentagem foi encontrada entre a seleção direta sobre GY (Produtividade de grãos) e o método clássico de Smith (1936) e Hazel (1943). Por outro lado, as menores porcentagens foram registradas para a seleção direta sobre a altura de planta, onde os métodos SDGY, Mulamba e Mock (1978) e o método clássico não tiveram coincidência com a seleção direta.

Tabela 7: Porcentagem de coincidência dos genótipos selecionados pelos diferentes índices, utilizados para as variáveis, Altura de planta (AP, cm), Comprimento de espiga (CE, cm), Massa de cem sementes (M100, g) e Produtividade de grãos (GY, Kg ha⁻¹)

	SDAP	SDCE	SDM100	SDGY	SOMA	CLÁSSICO
SDAP	100%	-	-	-	-	-
SDCE	16%	100%	-	-	-	-
SDM100	16%	24%	100%	-	-	-
SDGY	0%	24%	24%	100%	-	-
SOMA	0%	24%	48%	72%	100%	-
CLÁSSICO	0%	32%	16%	84%	64%	100%

SDAE: Seleção direta em AE, SDCE: Seleção direta em CE, SDM100: Seleção direta em M100, SDGY: Seleção direta em GY, SOMA: Mulamba e Mock (1978) e CLÁSSICO: Smith (1936) e Hazel (1943).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As famílias obtiveram médias maiores para comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (GY), quando comparadas as testemunhas, o que indica o potencial para extração de progênes e linhagens superiores pelo Programa Trigo UFV.

O ganho de seleção direto para GY e o obtido pelo índice de Smith (1936) e Hazel (1943) foram próximos ao esperado pelo programa de melhoramento, onde apresentaram uma similaridade de 84% para as famílias selecionadas.

A implementação de índices de seleção, pode trazer benefícios tanto para o

ganho genético quanto para direcionar para alguma característica específica. Além disso, a adesão a essas práticas pode levar a uma maior precisão no avanço das gerações. No presente estudo, o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) obteve o maior ganho total, tornando-o recomendado para o avanço da geração dos genótipos avaliados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd El-Shafi, “Estimativas de Variabilidade Genética e Eficiência de Seleção para Rendimento de Grãos e Seus Componentes em Dois Cruzamentos de Trigo (*Triticum aestivum* L.),” **International Journal of Agriculture and Crop Sciences** , vol. 7, não.2, pp. 83–90, 2014.

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **Farinha de trigo**. Copyrights, 2020. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br>>. Acesso em: 26 out. 2022.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711–728.

CASAGRANDE, Cleiton Renato et al. Selection indexes based on genotypic values applied to Brazilian tropical wheat breeding. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 8, p. 1-16, 2022.

CONAB, 2022. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 26 out 2022.

CRUZ, C.D. Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.

Cruz, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

CUNHA, G. R. et al. **Regiões de adaptação para trigo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica).

DE MORI, C. Aspectos econômicos da produção e utilização. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. (Ed.). **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UVF, 2015. p.11-34.

DE RESENDE, Marcos Deon Vilela; ALVES, Rodrigo Silva. Linear, generalized, hierarchical, Bayesian and random regression mixed models in genetics/genomics in plant breeding. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 2, n. 2, 2020.

FELLAHI, Zine El Abidine; HANNACHI, Abderrahmane; BOUZERZOUR, Hamenna. Analysis of direct and indirect selection and indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) segregating progeny. **International Journal of Agronomy**, v. 2018, 2018.

GUERRA, N.B.; LIVERA, A. V. S. Correlação entre o perfil sensorial e determinações físicas e químicas do abacaxi cv. Pérola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Amas, v.21, n.1, p 32-35, 1999.

MEIER, C. et al. Selection gain and interrelations between agronomic traits in wheat F5 genotypes. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 66, n. 4, p. 271-278, ago. 2019. FapUNIFESP(SciELO).

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potencial of the Eto Blanco Maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, vol. 7, p. 40- 51, 1978.

NARDINO, Maicon et al. Meta-analysis of the experimental coefficient of variation in wheat using the Bayesian and Frequentist approaches. **Scientia Agricola**, v. 80, 2022.

PASINATO, Aldemir et al. Área potencial e limitações para a expansão de trigo de sequeiro no bioma Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, v.53, p. 779-790, 2018.

PIRES, JLF et al. Rendimentos elevados em trigo. Embrapa Trigo-Artigo em periódicoindexado (ALICE), 2020.

RAPP, M. et al. Simultaneous improvement of grain yield and protein content in durum wheat by different phenotypic indices and genomic selection. **Theoretical and applied genetics**, v. 131, p. 1315-1329, 2018.

SIGNORINI, Victor Silva et al. Parental selection proposal strategy for recurrent selection in tropical wheat breeding. **Agronomy Journal**, v. 116, n. 1, p. 36-50, 2024.

SILVA, Allan Henrique da; CAMARGO, Carlos Eduardo de Oliveira; RAMOS JÚNIOR, Edison Ulisses. Potencial de genótipos de trigo duro para produtividade e caracteres agrônômicos no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 69, p. 535-546, 2010.

SMITH, H. F. A. A discriminat function for plant selection. **Annals of Eugenics**, vol. 7, p. 240- 250, 1936.

TEIXEIRA, F. G. et al. Genetic parameters and selection of soybean lines based on selection indexes. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

VALE, Egnésio Holanda et al. Desempenho de híbridos de cajueiro-anão-precoce no litoral do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 940-949, 2014.

WÜRSCHUM, T.; LEISER, W.L.; LANGER, S.M.; TUCKER, M.R.; LONGIN, C.F.H. Phenotypic and genetic analysis of spike and kernel characteristics in wheat reveals long-term genetic trends of grain yield components. **Theoretical and Applied Genetics**, v.131, p.2071-2084, 2018.