

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Dissertação

**Heterose e herdabilidade de caracteres relacionados com
rendimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.)**

Elisane Weber Tessmann

Pelotas, 2013

Elisane Weber Tessmann

**Heterose e herdabilidade de caracteres relacionados com
rendimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Antonio Costa de Oliveira, Ph.D. – FAEM/UFPeI

Co-orientador: Luciano Carlos da Maia, Dr. – FAEM/UFPeI

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:
(Gabriela Machado Lopes – CRB-10/1842)

T338h Tessmann, Elisane Weber

Heterose e herdabilidade de caracteres relacionados ao rendimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.) / Elisane Weber Tessmann; Antonio Costa de Oliveira, orientador; Luciano Carlos da Maia, co-orientador. - Pelotas, 2013.
79 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Caracteres agronômicos . 2.Desempenho per se. 3.Dissimilaridade. 4.Heterose. 5.Herdabilidade. I. Oliveira, Antonio Costa de , orient. II. Maia, Luciano Carlos da , co-orient. III. Título.

CDD: 633.11

Banca Examinadora:

Antonio Costa de Oliveira, Dr. - Dep. de Fitotecnia, FAEM/UFPeI

José Fernandes Barbosa Neto, Dr. – Dep. De Plantas de Lavoura, UFRGS

Luciano Carlos da Maia, Dr. - Dep. de Fitotecnia, FAEM/UFPeI

Willian Silva Barros, Dr. – Dep. de Matemática e Estatística, UFPeI

Aos meus pais Wilson Tessmann e Isolda Weber Tessmann, por todas as palavras de conforto, carinho, ensinamentos e esforços para a minha formação pessoal e profissional.

A minha irmã Josiane Weber Tessmann, com a qual eu compartilho os momentos difíceis, mas também alegres da vida.

A minha avó Hilda Baller Weber (*in memoriam*), que sempre me recebeu com carinho e palavras de incentivo.

Dedico

A luta pela vida, nem sempre é vantajosa
Aos fortes ou aos espertos
Mais cedo ou mais tarde
Quem cativa a vitória é aquele que crê plenamente:
“EU CONSEGUIREI”.

Napoleon Hill

Agradecimentos

À Deus, por me proteger e iluminar os meus caminhos, principalmente na realização e conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Ao professor Antonio Costa de Oliveira, por me proporcionar a oportunidade de estagiar durante a graduação na área de melhoramento vegetal incentivando meu crescimento pessoal e profissional. Pela disposição em passar os ensinamentos científicos e profissionais, além da amizade e confiança.

Ao professor Luciano Carlos da Maia, que transmitiu seus conhecimentos e contribuições para a minha formação científica.

Aos amigos, colegas e ex-colegas do Centro de Genômica e Fitomelhoramento por terem contribuído na minha formação pessoal e profissional, pela valiosa contribuição na elaboração deste trabalho, pela amizade, pelos muitos momentos de alegria que passamos juntos.

Obrigada pela companhia nos mates de domingo na Dom Joaquim, nas festas de comemoração das defesas e aniversários, na parceria das praias e dos Congressos que fui nesse mais de cinco anos de CGF.

Aos meus amigos de sala, Rodrigo Danielowski e Mateus Olivo, obrigado pelos muitos momentos de acirradas discussões sobre os assuntos científicos e pelos momentos de descontração.

Aos demais amigos estagiários e bolsistas de iniciação científica, do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, pela amizade e valiosa contribuição em todos os trabalhos, sem a ajuda de vocês este trabalho não teria sido realizado.

A Universidade Federal de Pelotas e a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela oportunidade de realização do curso de graduação e pós-graduação. A CAPES por conceder a bolsa de mestrado.

A todos os demais familiares, amigos, professores e empresas financiadoras que contribuíram para a realização desta etapa em minha vida e concretização desta conquista.

Resumo

TESSMANN, Elisane W. **Heterose e herdabilidade de caracteres relacionados ao rendimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.)** 2013. 79f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O trigo atualmente se encontra entre os cereais mais produzidos no mundo, fazendo parte da alimentação diária de grande parte da população da Europa, Américas e Oceania. O Brasil não é autosuficiente nessa cultura, produzindo menos da metade da demanda nacional. Diversos fatores influenciam na produtividade, sendo eles tanto de ordem genética quanto ambiental. A interação entre genótipo e ambiente, faz com que o rendimento responda de forma diferencial dependendo assim das condições ambientais de cultivo. Desta forma, a avaliação do comportamento de cultivares recomendadas para cultivo, bem como da população formada pelos cruzamentos entre elas, se faz importante a fim de contribuir na seleção de populações superiores, que apresentem adaptação à região associado à elevada produtividade. Frente ao exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares elite, bem como o comportamento das populações segregantes formadas a partir dessas cultivares para caracteres importantes para o rendimento de grãos, visando indicar combinações promissoras para o Programa de Melhoramento de Trigo. O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2012, no campo experimental da Palma, pertencente ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF/FAEM/UFPel), localizado na Capão do Leão – RS, onde foram semeados os híbridos (F_1), população segregante (F_2) e os pais. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições, sendo a unidade experimental composta por duas linhas de três metros, espaçadas 0,3 m entre plantas e entre linhas, com um total de 15 plantas por linha. A população F_1 foi obtida na estação fria do ano de 2011, e o avanço de geração foi realizado em casa de vegetação na estação quente de 2011/2012. No experimento foi avaliado os seguintes caracteres: estatura de planta (EST), mancha da folha (MF), número de espigas por planta (NEP), comprimento de espiga (CE), massa de espiga (ME), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), índice de colheita por espiga (ICE) e rendimento de grãos por planta (RGP); totalizando 4500 plantas avaliadas. A análise de variância evidenciou diferença significativa para todos os caracteres estudados. Na análise de médias as cultivares apresentaram comportamento similar para os caracteres EST, NEP, NGE, ICE e RGP. Para CE foram formados dois grupos, sendo o melhor grupo formado por CD 104, Marfim, Nova Era, Ônix, Safira e Tibagi. As cultivares CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era e Raízes apresentaram comportamento superior para ME. O dendrograma formado dividiu as cultivares em sete grupos: grupo I formado por Abalone; grupo II por Tibagi; grupo III por Ônix e Safira; grupo IV por CD 120; grupo V com as cultivares CD 104 e Nova Era, grupo VI por Cristalino e Raízes; e grupo VII formado por Marfim. Todas as populações testadas (pais, híbridos e F_2) apresentaram

comportamento diferencial perante os caracteres avaliados. Algumas populações foram superiores apenas na F_1 (CD 104 x Raízes), superiores apenas em F_2 (Cristalino x Safira, Nova Era x Raízes), superiores em F_1 e F_2 (CD 104 x Nova Era, Abalone x Nova Era), e inferiores em F_1 e F_2 (Abalone x Tibagi). Apenas três combinações apresentaram alguns caracteres em heterose, sendo a combinação entre Abalone e Nova Era a que apresentou valores elevados para NEP (108%), ME (40,62%), MGE (47,55%) e RGP (207,37%). A herdabilidade mostrou-se maior entre progênies do que dentro da progênie, dentro do bloco ou no indivíduo. A maior herdabilidade foi de 70% para estatura de planta. A herdabilidade dos caracteres estudados sugere que a seleção deve ser realizada em gerações mais avançadas, além disso, a seleção será mais eficiente se realizada entre progênies.

Palavra chave: caracteres agronômicos, desempenho *per se*, dissimilaridade, heterose, herdabilidade

Abstract

TESSMANN, Elisane, W. **Heterosis and heritability of traits related to grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.)**. 2013. 79f. Dissertation (Master of Science) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

Wheat is among the most important cereal crops in the world, being significant in the daily diet of large parts of Europe, Americas and Oceania. Brazil is not self-sufficient in this crop, producing less than half of the national demand. Several genetic and environmental factors affect wheat yield. The interaction among genotype and environment results in differential yield response depending of environmental conditions. Thus, the assessment of recommended cultivars and populations formed by the crosses between them, become important tools in helping selection of superior populations. The aim of this study was to evaluate elite cultivars and segregating populations. The assessment was focused on traits influencing yield in order to indicate promising combinations to wheat breeding programs. The experiment was conducted in the winter of 2012, in the Palma experimental farm (CGF/FAEM/UFPel), located in Capão do Leão – RS/ Brazil. Parental lines, hybrids (F_1) and segregating populations (F_2) were sown in a randomized block design with three replications. The experimental units consisted of two 3 meters long lines with 0.3 meters spacing between plants and between lines, with 15 plants per line. The population F_1 was obtained in the winter of 2011 and one generation was advanced in greenhouse in 2011/2012 warm season. The following traits were evaluated: plant height (PH); leaf spot (LS); number of spikes per plant (NSP); spike length (SL); spike weight (SW); kernels per spike (KPS); kernels' weight per spike (KWPS); spike harvest index (SHI) and plant yield (PY). The analysis of variance showed significant differences for all traits studied. The multiple comparisons of means showed similar behavior for the characters PH, NSP, KPS, SHI and PY. The SL formed two groups where the best group was formed by cultivars: CD 104, Marfim, Nova Era, Ônix, Safira and Tibagi. The cultivars CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era and Raízes were superior regard to SW. The dendrogram formed divided the cultivars into seven groups: group I formed by Abalone; group II by Tibagi; group III by Ônix and Safira; group IV by CD 120; group V by cultivars CD 104 and Nova Era; group VI by Cristalino and Raízes, and group VII formed by Marfim. All populations tested (parents, hybrids and F_2) showed differential performance in the assessed traits. Some populations were superior just in F_1 (CD 104 x Raízes), others superiors just in F_2 (Cristalino x Safira, Nova Era x Raízes), others superiors in F_1 and F_2 (CD 104 x Nova Era, Abalone x Nova Era), and others inferiors in F_1 and F_2 (Abalone x Tibagi). Just three combinations showed some characters with significant heterosis, where the combination between Abalone and Nova Era showed high values to NSP (108%), SW (40.62%), KWPS (47.55%) and PY (207.37%). Heritability was higher among families than within families, within blocks or individual based. The higher heritability was 70% for PH. Heritability for the traits studied suggests that the selection must be

made in advanced generations; moreover, the selection will be more efficient if performed among families.

Keywords: agronomic traits, *per se* performance, dissimilarity, heterosis, heritability

Lista de Figuras

Introdução geral

Figura 1.1 - Série histórica da produtividade em trigo registrado no Brasil, no período compreendido entre os anos de 1977-2012, segundo dados da CONAB (2013). FAEM/UFPeI, Pelotas-RS, 2013.23

Figura 1.2 - Série histórica de produção total e da área cultivada com trigo registrada no Brasil, no período compreendido entre os anos de 1977-2012, segundo dados da CONAB (2013). FAEM/UFPeI, Pelotas-RS, 2013. .24

Capítulo II Desempenho per se e dissimilaridade de genótipos de trigo, e heterose de populações segregantes de trigo para rendimento de grãos

Figura 2.1 - Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre cultivares de trigo cultivado em Capão do Leão - RS, as safras agrícolas de 2012, utilizando a distância Mahalanovis, gerado com base no desempenho médio dos caracteres de interesse agrônomo (estatura, mancha da folha, número de espigas por planta, comprimento de espiga, massa de espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, índice de colheita e rendimento de grãos por planta). A linha vertical está colocada para delimitar grupos encontrados usando o método de Tocher. FAEM/UFPeI, Pelotas-RS, 2013.44

Lista de Tabelas

Capítulo II Desempenho de cultivares de trigo e a sua predição para cruzamentos visando o incremento do rendimento de grãos.

- Tabela 2.1** - Genealogia dos genótipos empregados no experimento e sua classificação quanto à qualidade industrial do trigo, de acordo com a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.36
- Tabela 2.2** - Resumo da análise de variância para estatura de planta, mancha da folha, número de espigas por planta, comprimento de espiga, massa de espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, índice de colheita de espiga e rendimento de grãos por planta, avaliados em dez cultivares de trigo do ensaio conduzido em Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.39
- Tabela 2.3** - Desempenho médio para os caracteres agronômicos EST, MF, NEP, CE, ME, NGE, MGE, ICE e RGP, avaliados em dez cultivares de trigo do experimento realizado no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.....41
- Tabela 2.4** - Distância genética dos caracteres (EST, MF, NEP, CE, ME, NGE, MGE, ICE e RGP) na análise de diversidade entre dez cultivares de trigo cultivadas no campo experimental do Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012, utilizando a distância Euclidiana. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.43

Capítulo III Estimativa da heterose e herdabilidade de caracteres agronômicos importantes na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)

- Tabela 3.1** - Genealogia dos genótipos empregados no experimento e sua classificação quanto à qualidade industrial do trigo, de acordo com a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.54
- Tabela 3.2** - Componentes da variação da análise das populações segregantes de trigo, do experimento conduzido no Capão do Leão, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas, 2013.....56

Tabela 3.3 -	Resumo da análise de variância individual para os pais; F_1 e F_2 , e análise conjunta entre F_1 e Pais; F_2 e Pais; F_1 e F_2 ; e Pais, F_1 e F_2 na análise de 31 populações e 10 genitores de um cruzamento dialélo, conduzido no Capão do Leão, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	59
Tabela 3.4 -	Média de dez genótipos de trigo para os caracteres mensurados no experimento conduzido no campo experimental da Palma, localizado no Capão do Leão-RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	60
Tabela 3.5 -	Média das 31 populações nas gerações F_1 e F_2 , para estatura de planta, mancha da folha e número de espigas por planta, caracteres avaliados no experimento conduzido no Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012, FAEM/UFPel, Pelotas-Rs, 2013.	61
Tabela 3.6 -	Média das 31 populações nas gerações F_1 e F_2 , para comprimento de espiga, massa de espiga e número de grãos por espiga, caracteres avaliados no experimento conduzido no Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012, FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	62
Tabela 3.7 -	Média das 31 populações nas gerações F_1 e F_2 , para massa de grãos por espiga, índice de colheita de espiga e rendimento de grãos por planta, caracteres avaliados no experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012, FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	63
Tabela 3.8 -	Heterose na geração F_1 e perda de vigor (Pv), em percentagem, de 31 combinações de trigo envolvendo 10 genitores, para caracteres agrônômicos de interesse, do experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	66
Tabela 3.9 -	Heterose na geração F_1 e perda de vigor (Pv), em percentagem, de 31 combinações de trigo envolvendo 10 genitores, para caracteres agrônômicos de interesse, do experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	67
Tabela 3.10 -	Heterose na geração F_1 e perda de vigor (Pv), em percentagem, de 31 combinações de trigo envolvendo 10 genitores, para caracteres agrônômicos de interesse, do experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.	68
Tabela 3.11 -	Estimativas da herdabilidade entre família (h^2_{entre}), dentro da família (h^2_{dentro}), dentro do bloco ($h^2_{\text{dentro_bloco}}$) e do indivíduo ($h^2_{\text{indivíduo}}$), em porcentagem, considerando os caracteres agrônômicos avaliados na geração F_2 de cruzamentos realizados com 10 cultivares de trigo cultivadas no Capão do Leão, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPEL, Pelotas, 2013.	70

Sumário

Resumo	8
Abstract	10
Lista de Figuras	12
Lista de Tabelas	13
Introdução geral	17
1. Estado da arte do Melhoramento Genético do trigo	20
1.1 O Trigo	21
1.2 Evolução no rendimento de grãos	22
1.3 Componentes envolvidos no rendimento	25
1.4 Efeitos do ambiente na produção	26
1.6 Referências bibliográficas	28
2. Desempenho de cultivares de trigo e a sua predição para cruzamentos visando o incremento do rendimento de grãos.....	31
2.1 Introdução	32
2.2 Material e métodos	35
2.3 Resultados e discussão	38
2.4 Conclusão	46
2.5 Referências bibliográficas	47

3. Estimativa da heterose e herdabilidade de caracteres agronômicos importantes na cultura do trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	50
3.1 Introdução	51
3.2 Material e métodos.....	53
3.3 Resultados e discussão.....	58
3.4 Conclusão	72
3.5 Referências bibliográficas	73
Conclusões gerais.....	76
Referências bibliográficas	78
Vitae	79

Introdução geral

A demanda por alimento aumentou durante o século XX, quando a população passou de 1,5 bilhões de habitantes para 6,2 bilhões. A necessidade de produzir mais das principais espécies utilizadas na alimentação foi alcançada, em parte graças às melhorias no manejo das lavouras, através do emprego de defensivos agrícolas e fertilizantes, mas sobretudo, através da utilização de cultivares melhoradas (RAMALHO; LAMBERT, 2004).

A alimentação humana é dependente das plantas desde os primórdios da civilização humana. Desde o início, quando o homem vivia da coleta do que encontrava na natureza, a seleção de plantas com frutos maiores e mais vistosos era privilegiada em detrimento das demais plantas. Assim, é natural que o homem se preocupe em desenvolver plantas mais adaptadas às suas necessidades.

Algumas espécies foram importantes para que o homem estabelecesse as primeiras civilizações, duas espécies selvagem de *Triticum*, o *einkorn* (*Triticum monococcum* L.) e *emmer* (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccon* L.), e a cevada (*Hordeum vulgare*) (LUO et al., 2007; DUBCOVSKY; DVORAK, 2007). Atualmente na agricultura apenas duas espécies do gênero *Triticum* apresentam importância comercial, o *Triticum turgidum* e o *Triticum aestivum*. A primeira espécie é denominada de trigo duro, amplamente utilizada no continente Europeu, sendo sua produção destinada à fabricação de massas alimentícias e similares, tendo produção mundial estimada em pouco mais de 81 milhões de megagramas, cerca de 11% da produção total de trigo no mundo (USDA, 2013).

A segunda espécie é a principal do gênero, atualmente se encontra entre os três cereais mais produzidos no mundo. No ano agrícola de 2011 a cultura atingiu uma produção de pouco mais de 704 milhões de megagramas, alcançando o terceiro lugar no ranking mundial, atrás apenas do milho que obteve uma produção de 883 milhões de megagramas e do arroz com 722 milhões de megagramas, respectivamente primeiro e segundo lugar (FAO, 2013).

Na safra agrícola de 2012/2013 a produção brasileira atingiu uma produção de pouco mais de quatro milhões de megagramas, uma queda de quase 26% em relação à safra agrícola de 2011/2012. O estado do Rio Grande do Sul, principal produtor nacional de trigo, sofreu com condições climáticas desfavoráveis durante toda a fase reprodutiva, refletindo na redução de produtividade apresentada. A produção brasileira não atende a demanda de aproximadamente 11 milhões de megagramas, assim as importações no ano de 2012 chegaram quase a sete milhões de megagramas (CONAB, 2013). Diversos fatores estão envolvidos neste panorama, desde condições climáticas adversas em algumas regiões produtoras, depreciando o produto final, até a falta de investimentos em tecnologia de produção, acarretando na elevação dos preços do trigo produzido, reduzindo a competitividade com o trigo importado (BRUM; MÜLLER, 2008).

O Brasil apresenta condições tecnológicas para atingir a autossuficiência, mas diante do cenário atual de comercialização do cereal é necessária a organização da cadeia produtiva objetivando interesses comuns da indústria e do produtor, visando aumentar a participação do produto no mercado nacional. Além disso, torna-se necessário o incremento da produtividade, através da disponibilização de cultivares adaptados aos diferentes ambientes de cultivo, e a elevação dos atributos de qualidade tecnológica almejados pela indústria (BRUM; MÜLLER, 2008).

A produtividade é determinada por vários componentes da planta, sendo dependente diretamente de fatores genéticos e da interação destes com o ambiente (SILVA et al., 2006). O estudo das ações gênicas envolvidas em caracteres de interesse agrônomo pode ajudar na seleção de constituições genéticas superiores, sendo o entendimento dessas relações um dos objetivos deste trabalho.

Objetivo geral:

Caracterização fenotípica de populações segregantes de trigo para os caracteres de importância agrônoma, bem como o estudo do comportamento genético desses caracteres.

Objetivos específicos:

- i. Caracterizar genótipos de trigo cultivado na região sul do Brasil na expressão de caracteres de interesse agrônomo, identificando grupos com desempenho superior para esses caracteres a fim de prover informações que possam auxiliar em programas de melhoramento;
- ii. Estimar a heterose das linhagens obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares empregadas, e prover informações sobre a herdabilidade e os componentes da variância envolvidos na expressão dos caracteres de importância agrônoma.
- iii. Selecionar constituições genéticas de trigo promissoras a serem conduzidas no programa de Melhoramento Vegetal do Centro de Genômica e Fitomelhoramento da Universidade Federal de Pelotas.

Capítulo I

1. Estado da arte do Melhoramento Genético do trigo (Revisão Bibliográfica)

1.1 O Trigo

O trigo pertence à família *Poaceae*, subfamília *Pooideae*, tribo *Triticeae* e gênero *Triticum*, o qual compreende seis espécies agrupadas em três grupos de acordo com o número de cópias do genoma, sendo elas: i) grupo *Monococcum*, constituído das espécies diploides *Triticum monococcum* L. (genoma AA) e *Triticum urartu* (genoma AA); ii) grupo *Dicoccum*, compreendendo as espécies tetraploides *Triticum turgidum* L. (genoma AABB) e *Triticum timopheevii* Zhuk (genoma AAGG); e iii) grupo *Triticum*, no qual se encontram as espécies hexaploides, *Triticum aestivum* (genoma AABBDD) e *Triticum zhukovskyi* (genoma AAAAGG) (MATSUOKA, 2011).

O trigo apresenta uma forte relação com a civilização humana desde o início da agricultura. Há alguns milhares de anos, o trigo, assim como outras espécies contribuíram para o desenvolvimento e o avanço da agricultura. Duas espécies do gênero *Triticum* o *einkorn* (*Triticum monococcum* L.) e o *emmer* (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccon* L.), foram importantes neste processo e na formação do trigo que utilizamos atualmente na alimentação. O trigo *emmer*, tetraploide, surgiu do evento que teria ocorrido a cerca de 500 a 600 mil anos, através do cruzamento entre a espécie diploide *Triticum urartu* (A^uA^u), provável doador do genoma A, e o *Aegilops speltoides*, provável doador do genoma B, formando o *T. turgidum* ssp. *durum* (AABB) (BLAKE et al., 1999; DONG et al., 2012).

A expansão do cultivo da espécie domesticada de *emmer* originou uma subpopulação ao norte e outra ao sul da região de Diyarbakir, sendo que o cruzamento entre a espécie localizada na região norte e o *Aegilops tauschii* (genoma DD) originou o trigo hexaplóide (genoma AABBDD) há aproximadamente 10.000 anos (FELDMAN et al., 1995; DUBCOVSKY; DVORAK, 2007; PENG; SUN; NEVO, 2011; DONG et al., 2012). Pesquisas arqueológicas realizadas no norte da Síria e sudeste da Turquia encontraram fósseis datados do período que compreende de 9.250 a 6.500, os quais apresentavam evidências da domesticação contra a debulha da espiga, corroborando com a datação do evento que originou o trigo (DUBCOVSKY; DVORAK, 2007).

O sucesso evolutivo dessa e de outras espécies cultivadas, pode ser explicado com base na multiplicação do número básico de cromossomos. No caso do trigo ocorreu uma hibridação entre diferentes espécies e posteriormente a multiplicação do número de cromossomos, obtendo-se um alohexaploide (DONG et al., 2012). Evolutivamente a multiplicação do conjunto básico pode levar a uma maior adaptação ao ambiente, apresentando tolerância a fatores bióticos e abióticos, uma vez que ocorre uma complementação das características das espécies envolvidas (OTTO, 2007).

Atualmente na agricultura apenas duas espécies apresentam importância comercial, o *Triticum turgidum* L. e *Triticum aestivum* L., sendo a segunda de maior importância comercial encontrando-se entre os três cereais mais produzidos no mundo (FAO, 2013).

1.2 Evolução no rendimento de grãos

O trigo foi introduzido no Brasil junto com os primeiros imigrantes em 1534 na Capitania de São Vicente. No Rio Grande do Sul a cultura chegou em 1737 com a chegada dos imigrantes açorianos. Em 1811 teve grandes problemas com a doença da ferrugem, a qual dizimou os trigais da região levando a sua extinção em 1823. Tornou a ser cultivada em 1875 com a chegada dos italianos na região da serra, sendo produzida apenas para consumo próprio. A elevação dos preços mundiais obrigou o governo a tomar medidas para elevar a produção, desta forma, em 1914 o químico Jorge Polysú selecionou em Nova Tirol – Paraná diversas linhagens a partir de sementes obtidas de lavouras comerciais da região de Guaporé – RS, as quais passaram a ser conhecidas como Linhas Polyssú e se tornaram de extrema importância para o melhoramento genético do trigo (SCHEEREN et al., 2011).

O melhoramento dessa cultura, embora tenha começado no Brasil na década de 10, os primeiros registros de produtividade começaram a ser coletados apenas na década de 70. A Figura 1.1 ilustra os registros de produtividade, a qual corresponde à produção por hectare. De forma geral, ocorreu um crescimento ao longo dos anos. No ano agrícola de 1977/78 foi obtida produtividade média de 655 kg ha⁻¹ de trigo no Brasil, assim ocorreu um ganho de aproximadamente 58 kg ha⁻¹ por ano, resultando na produtividade de 2.736 kg ha⁻¹ no ano agrícola de 2010/11

(CONAB, 2013). Atualmente, produtividades superiores a 6.000 kg ha⁻¹ foram obtidos em algumas lavouras, sendo esses valores resultado do constate desenvolvimento de cultivares pelos programas de melhoramento do país (RCBPTT, 2010). Além disso, o manejo adequado da cultura com a adoção de técnicas de controle de plantas concorrentes, pragas e doenças contribuem para a elevação da produção.

As variações observadas na produtividade podem ser devido a diversos fatores, mas principalmente as interações que ocorrem entre genótipo e ambiente. O rendimento de grãos é um caráter que envolve a participação de diversos genes, que responde de forma diferencial as inconstâncias ambientais refletindo na variação de produção que cada região produtora encontra (MCINTYRE et al., 2010).

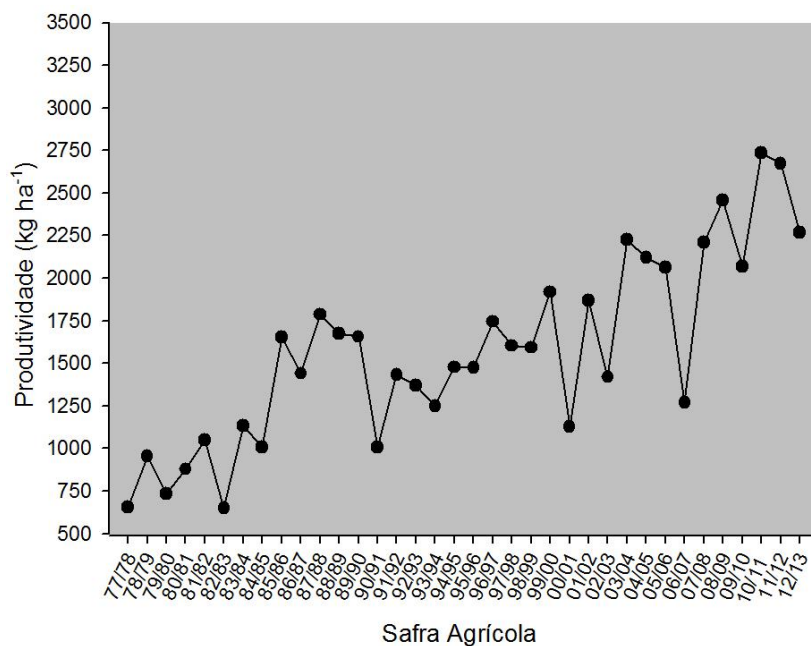


Figura 1.1 - Série histórica de produtividade em trigo registrada no Brasil, no período compreendido entre os anos de 1977-2012, segundo dados da CONAB (2013). FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

A área cultivada com trigo já chegou próximo a quatro milhões de hectares nas safras de 79/80 e 86/87, após este período houve um decréscimo na área cultivada até o ano de 95/96 chegando a pouco mais de um milhão de hectares (Figura 1.2). Essa redução da área provavelmente foi devido ao elevado preço do produto interno quando comparado com o externo, no ano de 1986 o preço internacional do trigo era de US\$ 130,00 por tonelada, enquanto que a tonelada

nacional era de US\$ 241,00, fato que desfavorecia o produto nacional (BRUM; MÜLLER, 2008).

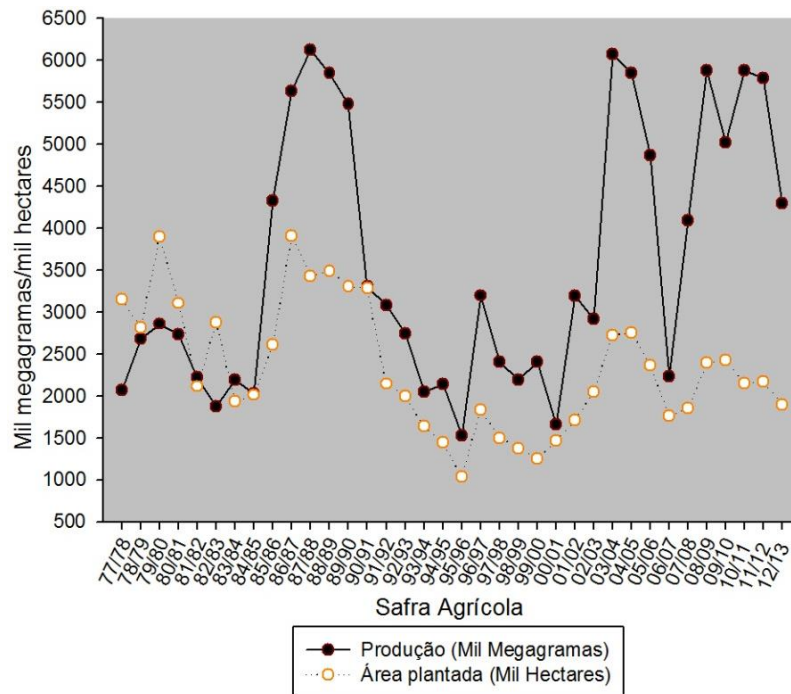


Figura 1.2 - Série histórica da produção total e da área cultivada com trigo registrado no Brasil, no período compreendido entre os anos de 1977-2012, segundo dados da CONAB (2013). FAEM/UFPeL, Pelotas-RS, 2013.

Uma acentuada queda da área cultivada entre os anos de 1990 e 1999, provavelmente, ocasionadas pela extinção do monopólio estatal do trigo, uma vez que o preço interno ainda era mais elevado que o externo. Além disso, políticas públicas proporcionaram a abertura do mercado interno a qualquer produto importado favorecendo o trigo argentino e a livre entrada do trigo subsidiado dos EUA, o que acarretou na redução da área cultivada. A partir da safra agrícola de 2000/01 o mercado nacional iniciou sua recuperação graças a um incremento nos preços externos e internos, associados à elevação da taxa cambial do dólar que em 2002 chegou próximo a R\$ 4,00 por dólar, o que refletiu no aumento da área plantada (BRUM; MÜLLER, 2008).

Um dos grandes desafios de todas as áreas envolvidas com a produção de trigo, é que esse apresente produtividade e qualidade dos grãos satisfatória atendendo tantos as exigências da indústria quanto do produtor. O melhoramento genético atuou de forma eficiente para esses dois aspectos nas últimas décadas

(TONON, 2000). Apesar dos esforços empregados na cultura do trigo pelos melhoristas das diversas instituições de pesquisa do país, o Brasil não se encontra na zona de conforto quando se pensa nos estoques deste cereal. Muito ainda é necessário ser feito no âmbito da pesquisa para que o Brasil atenda a demanda da população.

1.3 Componentes envolvidos no rendimento

O rendimento de grãos é um caráter quantitativo, desta forma um grande número de atributos da planta e do ambiente estão atuando diretamente na expressão produtiva desse caráter. Caracteres como estatura, ciclo de desenvolvimento, número de afilhos férteis, número de grãos por espiga, peso de grãos, entre outros componentes diretos e indiretos do rendimento de grãos, e o seu comportamento quando submetidos a estresses bióticos e abióticos refletem diretamente na produtividade da cultura (CUTHBERT et al., 2008; BENNETT et al., 2012).

O rendimento de grãos é determinado por vários componentes, dos quais se destacam o número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas, e peso médio de grãos (GRAFIUS, 1956; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Alguns pesquisadores destacam que além dos caracteres citados a estatura de planta e dias da emergência a maturação se revelam importantes para explicar as variações no rendimento de grãos (SILVA et al., 2006; VIEIRA et al., 2007).

Estudos mostram que o número de afilhos férteis é responsável por determinar diretamente o número de espigas, e indiretamente o número de grãos por espiga e massa de grãos e que o potencial de afilhamento do genótipo se torna dependente da densidade de semeadura (DAVIDSON; CHEVALIER, 1990; VALÉRIO et al., 2008). Caracteres como massa de espiga e massa de mil grãos apresentam efeito indireto sobre o rendimento de grãos, desta forma podem ser utilizado na seleção indireta para o caráter de produtividade (SILVA et al., 2006; VESOHOSKI et al., 2011).

O número de grãos por espiga está relacionado com o rendimento econômico da cultura, porém o incremento no número de grãos por panícula pode estar associado a uma redução na massa de grãos (PELTONEN-SAINIO et al.,

2008). No entanto, alguns estudos relatam efeito direto positivo do número de grãos por espiga sobre o rendimento de grãos, evidenciando que o aumento neste caráter poderá levar a um incremento na produtividade (VESOHOSKI et al., 2011).

Todos os caracteres envolvidos diretamente ou indiretamente no rendimento de uma cultura são reflexos das características genéticas dos genótipos e das interações que ocorrem entre genótipo x ambiente (ALLARD, 1971). Desta forma, a seleção é uma tarefa complexa, uma vez que os caracteres envolvidos são na maioria quantitativos de herança multigênica.

1.4 Efeitos do ambiente na produção

A produtividade e qualidade dos grãos não dependem apenas das características genéticas da planta, mas da interação desses fatores com o ambiente. Assim, o conhecimento do comportamento do trigo em diferentes condições ambientais é de grande importância, uma vez que diferentes locais do mundo produzem diferentes tipos de trigo, com distinta qualidade de grão e farinha (FRANCESCHI et al., 2009; LI et al., 2012). Diversos fatores bióticos e abióticos influenciam no desenvolvimento das plantas podendo levar a perdas significativas de produtividade da cultura do trigo. A água é fundamental para o adequado desenvolvimento das plantas e garante a produção de grãos. Embora seja relevante, tanto o excesso quanto a falta de água causa sérias perdas de produtividade. Períodos prolongados de exposição à água afetam negativamente o rendimento de grãos ocasionando redução no peso hectolítrico e massa de mil grãos (GUARIENTI et al., 2005).

Estudos com a cultivar EMBRAPA 16 em relação ao efeito das variáveis meteorológicas e seu reflexo na qualidade industrial e o rendimento de grãos, mostraram que a precipitação pluvial, a umidade relativa do ar e o excesso hídrico do solo influenciaram negativamente o peso hectolítrico, peso de mil grãos, número de queda e rendimento de grãos (GUARIENTI et al., 2003). Desta forma, o produtor sofre com as perdas decorrentes da baixa produção de grãos e a desvalorização da produção devido ao reduzido peso hectolítrico.

A exposição da planta a períodos prolongados de alta umidade associado a temperaturas elevadas na fase da pré-colheita do trigo pode levar a germinação dos grãos ainda na espiga. Entre os principais problemas causados pela germinação na

espiga, está o fato desta levar a uma redução das características qualitativas da farinha, uma vez que a exposição a períodos de umidade excessiva promove a ativação das enzimas que levam a degradação das reservas do grão (FRANCESCHI et al., 2009; TONON, 2010). A deterioração na qualidade de panificação da farinha pode ser atribuída à decomposição parcial de glúten, provavelmente decorrente do aumento da atividade da endo-protease (ICHINOSE et al., 2001).

A temperatura é outro fator ambiental que está envolvido com a produção, influenciando o acúmulo de reservas no grão e, conseqüentemente, a qualidade dos mesmos. Esse estresse pode ser considerado como um limitante para a cultura, pois tanto temperaturas superiores quanto inferiores podem causar alguma redução, detectável, no crescimento da planta acarretando na paralização do desenvolvimento da cultura (WAHID et al., 2007). O estresse por calor afeta a deiscência do pólen refletindo no enchimento de grãos (DOLFERUS; JI; RICHARDS, 2011).

Pesquisas realizadas com 45 genótipos de trigo mostraram que temperaturas maiores que 35°C levaram a uma redução de 17% na massa de mil grãos e de 13% no período de desenvolvimento da planta (BLUMENTHAL et al., 1995). Experimentos com a cultivar EMBRAPA 16 com relação ao efeito das variáveis meteorológicas, demonstraram que o aumento da temperatura média levou a um acréscimo na massa de mil grãos e no rendimento, no período que compreendeu o final do enchimento de grãos elevando a força geral de glúten. A temperatura máxima observada nesse trabalho demonstrou efeito negativo no rendimento de grãos (GUARIENTI et al., 2003). Quando expostas a condições de estresse, as plantas tendem a remobilizar os recursos o que pode diminuir o envio de fotoassimilados para o grão (WAHID et al., 2007).

O efeito negativo da temperatura na massa de grãos pode ser explicado pelo comportamento do metabolismo do C e N. A elevação na temperatura aumenta o fluxo diário de C e N através dos grãos, mas diminui o fluxo de C por graus dia. A duração dos graus dias é constante, enquanto que a quantidade de dias de elevada temperatura não é, assim, a quantidade de C é mais afetado por essa variação (DANIEL; TRIBOI, 2000).

1.6 Referências bibliográficas

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Tradução de A. BLUMENSCHNEIN, E. PATERNIANI, J.T.A. GURGEL e R. VENCOSKY. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1971. 381p.

BENNETT, D.; REYNOLDS, M. MULLAN, D.; IZANLOO, A.; KUCHEL, H.; LANGRIDGE, P.; SCHNURBUSCH, T. Detection of two major grain yield QTL in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under heat, drought and high yield potential environments. **Theoretical Applied and Genetics** v.125, n.7, p.1473-1485, 2012

BLAKE, N.K.; LEHFELDT, B.R.; LAVIN, M.; TALBERT, L.E. Phylogenetic reconstruction based on low copy DNA sequence data in an allopolyploid: the B genome of wheat. **Genome**, v.42, n.2, p.351-360, 1999.

BLUMENTHAL, C.; BEKES, F.; GRAS, P. W.; BARLOW, E. W. R.; WRIGLEY, C. W. Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. **Cereal Chemistry**, v.72, n.6, p.539-544, 1995.

BRUM, A.L.; MÜLLER, P.K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46, n.1, p.145-169, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_graos_janeiro_2013.pdf> Acesso em: 24 mar 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 480p.

CUTHBERT, J.L.; SOMERS, D.J.; BRÛLÉ-BABEL, A.L.; BROWN, P.D.; CROW, G.H. Molecular mapping of quantitative trait loci for yield and yield components in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Theoretical Applied and Genetics**, v.117, n.4, p.595-608, 2008.

DANIEL, C.; TRIBOI, E. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. **Journal of Cereal Science**, v.32, n.1, p.45-56, 2000.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Pre-anthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, v.30, n.4, p.345-348, 1990.

DOLFERUS, R.; JI, X.; RICHARDS, R.A. Abiotic stress and control of grain number in cereals. **Plant Science**, v.181, n.4, p.331-341, 2011.

DONG, L.; HUO, N.; WANG, Y.; DEAL, K.; LUO, M. C.; WANG, D.; ANDERSON, O. D.; GU, Y.Q. Exploring the diploid wheat ancestral A genome through sequence comparison at the high-molecular-weight glutenin locus region. **Molecular Genetics Genomics**, v.287, n.11-12, p.855-866, 2012.

DUBCOVSKY, J.; DVORAK, J. Genome plasticity a key factor in the success of polyploidy wheat under domestication. **American Association for the Advancement of Science**, v.316, n.5833, p.1862-1866, 2007.

FAO – Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>> Acesso em: 12 mar 2013.

FELDMAN, M.; LUPTON, F.G.H.; MILLER, T.E. Wheats. In: SMARTT, J.; SINMONDS, N.W. **Evolution of crops**, 2 ed. London: Longman Scientific & Technical, 1995. 184-192p.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; GUARIENTI, E.; MARCHIORO, V.S.; MARTIN, T.N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1624-1631, 2009.

GRAFIUS, J.E. Components of yield in oats. **Agronomy Journal**, v.48, n.9, p.419-423, 1956.

GUARIENTI, E.M.; CIACCO, C.F.; CUNHA, G.R.; DEL DUCA, L.J.A.; CAMARGO, C.M.O. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.500-510, 2003.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O. Efeito da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.3, p.412-418, 2005.

ICHINOSE, Y.; TAKATA, K.; KUWABARA, T.; IRIKI, N.; ABIKO, T.; YAMAUCHI, H. Effects of increase in α -amylase and endo-protease activities during germination on the breadmaking quality of wheat. **Food Science and Technology Research**, v.7, n.3, p.214-219, 2001.

LI, S.; WANG, C.; CHANG, X.; JING, R. Genetic dissection of developmental behavior of grain weight in wheat under diverse temperature and water regimes. **Genetica**, v.140, p.393-405, 2012.

MATSUOKA, Y. Evolution of polyploidy *Triticum* wheats under cultivation: the role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification. **Plant & Cell Physiology**, v.52, n.5, p.750-764, 2011.

MCINTYRE, C.L.; MATHEWS, K.L.; RATTEY, A.; CHAPMAN, S.C.; DRENT, J.; GHADERI, M.; REYNOLDS, M.; SHORTER, R. Molecular detection of genomic regions associated with grain yield and yield-related components in an elite bread wheat cross. **Theoretical Applied and Genetics**, v.120, n.3, p.527-541, 2010.

OTTO, S.P. The evolutionary consequences of polyploidy. **Cell**, v.131, n.3, p.452-462, 2007.

PELTONEN-SAINIO, P.; MUURINEN, S.; RAJALA, A.; JAUHIAINEN, L. Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern growing conditions. **Journal of Agricultural Science**, v.146, n.1, p.35-47, 2008.

PENG, J.H.; SUN, D.; NEVO, E. Domestication evolution, genetics and genomics in wheat. **Molecular Breeding**, v.28, p.281-301, 2011.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – IV RCBPTT. **Informações técnicas para a safra 2011: trigo e triticale**. Cascavel-PR, Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, 2010. 169p.

SCHEEREN, P.L.; CAIERÃO, E.; SILVA, M.S.; BONOW, S. Melhoramento de trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil: Bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo - RS 1.ed. 2011. 488 p.

SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; BENIN, G.; VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, M.F.; FINATTO, T.; BUSATO, C.C.; RIBEIRO, G. Correlação de acamamento com rendimento de grãos e outros caracteres de interesse agrônomo em plantas de trigo. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.756-764, 2006.

TONON, Vanderlei. **Herança genética e estabilidade de características relacionadas à qualidade dos grãos e da farinha de trigo**. 2010. 117f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MACHADO, A.A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P.L.; SOUZA, V.Q.; HARTWING, I. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.319-326, 2008.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, v.58, n.3, p.337-341, 2011.

VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARTINS, L. F.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G.; COIMBRA, J.; MARTINS, A. F.; CARVALHO, M. F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.2, p.169-174, 2007.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, n.3, p.199-223, 2007.

Capítulo II

2. Desempenho de cultivares de trigo e a sua predição para cruzamentos visando o incremento do rendimento de grãos

2.1 Introdução

O trigo desde os primórdios da agricultura é fonte de alimento para a civilização humana, ocupando um espaço de destaque em relação às outras espécies, uma vez que este é consumido diariamente no mundo. A demanda por alimento tende a aumentar nos próximos anos com o constante crescimento da população. Desta forma, o desenvolvimento de cultivares de produtividade superior e adaptada aos diferentes locais de cultivo pode atender parte dessa futura demanda.

O êxito na seleção de constituições genéticas superiores passa pela etapa da realização dos cruzamentos, este que é de suma importância, pois, possibilitará a obtenção de variabilidade genética, a qual será alvo do melhorista. Para o sucesso nessa etapa alguns preceitos básicos devem ser usados na escolha do material genético, tais como: i) genitores que apresentem dissimilaridade genética adequada para o objetivo do estudo; ii) desempenho *per se* elevado; e iii) boa capacidade de combinação (MOHAMMADI; PRASANNA, 2003).

A seleção com base no desempenho *per se* é realizada a partir da manifestação do fenótipo, o qual é resultado de efeitos genéticos, ambientais e da interação entre genótipo e ambiente (ALLARD, 1971). A avaliação do desempenho dos futuros genitores pode colaborar para a seleção de indivíduos superiores, os quais poderão ser empregados em cruzamentos. Desta forma, o sucesso dos programas de melhoramento genético é condicionado à eficiência na escolha de genótipos, que quando cruzados produzam progênies promissoras (CARVALHO et al., 2008; CRESTANI, 2011).

Embora o desempenho *per se* seja de elevada importância, ele sozinho não é suficiente para a obtenção de populações segregantes superiores. A distância genética é uma importante ferramenta para os melhoristas, pois colabora na escolha dos possíveis genitores, os quais serão empregados em futuros cruzamentos. Genitores distantes geneticamente conduzem à obtenção de populações que manifestem ampla variabilidade genética, podendo apresentar segregantes transgressivos. A estimativa da dissimilaridade entre os genótipos pode ser realizada

tanto com base em caracteres morfológicos de planta quanto por meio de dados moleculares (MOHAMMADI; PRASANNA, 2003; ROY et al., 2004; VIEIRA et al., 2007a).

A análise da divergência genética em qualquer espécie pode ser dividida basicamente em dois pontos: i) definir a medida de dissimilaridade a ser estimada; e ii) escolha do método de agrupamento e/ou dispersão gráfica a ser aplicado. Entre os procedimentos estatísticos mais utilizados para estimar a distância genética estão às distâncias Euclidiana e de Mahalanobis. A diferença entre os métodos reside no fato que a distância Euclidiana não leva em consideração o grau de correlação entre os caracteres, fato que não ocorre na distância de Mahalanobis (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O método de agrupamento tem por finalidade reunir, através de critérios de classificação, os genitores em grupos objetivando que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, sendo adequado para identificar os genótipos divergentes e que, possivelmente, terão sucesso nos cruzamentos (BERTAN et al., 2006; CARGNELUTTI FILHO et al., 2008). Um dos métodos de agrupamento utilizados no melhoramento de plantas é o hierárquico, neste método os genótipos são agrupados por processos que se repetem em vários níveis, estabelecendo-se um dendrograma. Neste caso, três formas distintas de representação podem ser feitas com base na distância entre os pares de genótipos: i) método da distância média (UPGMA), usando a média da distância entre todos os pares de genótipos; ii) método do vizinho mais próximo ou ligação simples, considera a menor distância existente entre um par de genótipos; e iii) método do vizinho mais distante ou ligação completa, utiliza a maior distância entre um par de genótipos. Outro método utilizado nos programas de melhoramento é o proposto por Tocher, neste método é identificado o par de indivíduos mais similares, os quais formaram o grupo inicial. A partir deste grupo, é avaliada a possibilidade de inclusão de novos indivíduos, tendo como critério de que a distância média dentro do grupo deve ser menor que a distância entre os grupos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O conhecimento da distância genética e do comportamento médio das cultivares para os caracteres de interesse agrônomo pode fornecer parâmetros importantes para a determinação dos genitores a serem empregados em blocos de cruzamento, na busca por contínuos ganhos de seleção na cultura do trigo. Neste

sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho médio de cultivares de trigo para os caracteres agronômicos, quantificar a distância genética existente, e sugerir possíveis genitores para compor combinações promissoras a serem adotadas em cruzamentos artificiais pelos programas de melhoramento visando à obtenção de promissoras constituições genéticas.

2.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2012, no campo experimental pertencente ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF), situado no Centro Agropecuário da Palma (UFPEL), no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul. O município está localizado a 31°52'00" de latitude sul e 52°21'24" de longitude oeste; com altitude de 13,24 m. O tipo de solo encontrado no local da condução do ensaio é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo da unidade de Mapeamento de Pelotas (SANTOS et al., 2006).

O preparo do solo da área experimental seguiu as recomendações da Comissão Brasileira de Trigo e Triticale (RCBPTT, 2010), sendo realizadas correções de acidez e adubação com macronutrientes (NPK) em função dos teores observados na análise química do solo, a fim de atender a demanda necessária da cultura.

Foram empregados dez cultivares de trigo escolhidas com base no desempenho agrônomo e diferenças para qualidade industrial, sendo elas: Abalone, CD 104, CD 120, Fundacep Cristalino, Marfim, Fundacep Nova Era, Ônix, Fundacep Raízes, Safira e TBIO Tibagi (Tabela 2.1). A genealogia das cultivares, bem como a classificação industrial foi obtida das informações técnicas do trigo e triticale (RCBPTT, 2013), e a simbologia utilizada na genealogia foi descrita por PURDY et al. (1968).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com seis repetições, sendo a unidade experimental composta por duas linhas de três metros, espaçada 0,3 m entre plantas e entre linhas, com 15 plantas por linha. A semeadura foi manual e os tratamentos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram realizados de acordo com as Recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (RCBPTT, 2010).

Tabela 2. 1 - Genealogia dos genótipos empregados no experimento e sua classificação quanto à qualidade industrial do trigo, de acordo com a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Genealogia		Classe
Abalone	ORL93299/3/ORL92171//EMB16/2*OR1/4/RUBI	Pão
CD 104	PFAU "S"/IAPAR17	Melhorador
CD 120	RUBI/CD 105	Brando
Fundacep Cristalino	BR 35/CEP 9291/4/BR 32/3/CNO 79/PF70354/MUS "S"	Melhorador
Marfim	ORL 94101/2*ORL 95688	Pão
Fundacep Nova Era	CEP88132/PG 876//BR 34/CRDN	Brando
Ônix	CEP-24/RUBI'S'	Pão
Fundacep Raízes	EMB 27/CEP 24/3/BUC"S"/FCT"S"//PF85229	Pão
Safira	PF9099/OR-1//GRANITO	Pão
TBIO	SUPERA/ÔNIX	Pão
Tibagi		

Simbologia da genealogia: /, //, /3/, /X/ indica a ordem em que os cruzamentos foram realizados; * indica os retrocruzamentos; o número indica o número de retrocruzamentos.

Para quantificar o número de espigas por planta (NEP, em unidade) foi realizado a contagem de todas as espigas de cada planta. Do total de espigas de cada planta, foi escolhida aleatoriamente uma espiga e realizado as seguintes avaliações: comprimento da espiga (CE, em cm), no qual foi mensurado o comprimento utilizando uma régua graduada; massa da espiga (ME, em g), obtido através da pesagem da espiga; número de grãos da espiga (NGE, em unidade), as espigas foram trilhadas manualmente e realizada a contagem dos grãos; massa de grãos da espiga (MGE, em g), obtido da pesagem apenas dos grãos. Com base nessas informações foi estimado o índice de colheita da espiga (ICE, adimensional) a partir da razão entre a massa de grãos da espiga e a massa total da espiga; e rendimento de grãos por planta (RGP, em g) obtido através da multiplicação do número de espiga por planta e a massa de grãos por espiga. Foi avaliado um total de 700 plantas.

A partir dos dados obtidos das avaliações, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para todos os caracteres estudados, sendo ajustadas as variáveis MF através da transformação $\frac{1}{\sqrt{MF}}$ e RGP pela transformação da raiz quadrada da variável, a análise foi realizada no programa SAS LEARNING EDITION (2002).

A comparação de médias entre os pais foi realizada pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade de erro, foi utilizado o programa Genes (CRUZ, 2006). A estimativa da distância genética entre os genitores foi utilizando a distância Mahalanobis e as médias geradas pelo programa posteriormente foram agrupadas através do método UPGMA (*average linkage*), utilizando o programa SAS LEARNING EDITION (2002). Para facilitar a visualização dos grupos formados no dendrograma foi realizado o método proposto por Tocher, no programa Genes (CRUZ, 2006). Foi calculado o coeficiente de correlação cofenético através do teste de Mantel (SOKAL; ROHLF, 1962), para verificar a correlação existente entre a matriz gerada pelo programa e o gráfico formado.

2.3 Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância, Tabela 2.2, é possível observar que houve diferença significativa do fator cultivar, para os caracteres avaliados. Estes resultados indicam que existe variabilidade genética entre as cultivares de trigo para os caracteres de interesse deste trabalho. Comportamentos distintos entre cultivares para esses mesmos caracteres também foram encontrados em outros estudos (SING; SHARMA; SAIN, 2004; SILVA et al., 2005; BERTAN et al., 2006; VESOHOSKI et al., 2011), fato que comprova a variabilidade genética do material existente no mercado.

Na média as dez cultivares apresentaram o seguinte comportamento para os caracteres avaliados: estatura de planta de 69,80 cm (EST), suscetibilidade a mancha da folha de 17,11% (MF), espigas por planta de 11,62 (NEP), comprimento de espiga de 8,79 cm (CE), massa de espiga de 1,59 g (ME), número de grãos por espiga de 43,62 (NGE), massa de grãos por espiga de 1,15 g (MGE), índice de colheita de espiga de 0,71 (ICE) e rendimento de grãos por planta de 13,55 g (RGP).

O coeficiente de variação (CV) fornece uma ideia da precisão experimental, mas este não leva em consideração o número de repetições utilizadas, um dos princípios básicos da experimentação agrícola, o qual visa justamente estimar o erro experimental (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). Outros pontos não considerados são as particularidades de cada cultura e as condições edafoclimáticas de cada região (COSTA; SERAPHIN; ZIMMERMANN, 2002). Desta forma, o CV não deve ser utilizado como balizador da precisão experimental, pois cada região proporcionará um CV diferente. O CV encontrado neste trabalho apresentou uma amplitude de 8,77% (EST) até 44,84% (NEP).

O desempenho médio dos genótipos para os caracteres avaliados no experimento é apresentado na Tabela 2.3. Comparando as cultivares no estudo para o caráter EST verificou-se comportamento similar entre todas as cultivares, uma vez que estas não diferiram estatisticamente entre si. A estatura é uma característica

importante da planta, estando associada ao acamamento e consequentemente ao potencial produtivo da cultura. Estudos relatam que genes como *Rht-B1b* e *Rht-D1b*, os quais estão relacionados à estatura, desempenham um importante papel na resposta as variações de tolerância apresentados pela planta a estresses bióticos e abióticos (WILHELM et al., 2013).

Tabela 2. 2 - Resumo da análise de variância para estatura de planta, mancha da folha, número de espigas por planta, comprimento de espiga, massa de espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, índice de colheita de espiga e rendimento de grãos por planta, avaliados em dez cultivares de trigo do ensaio conduzido em Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Caracteres	Quadrado Médio			Média	CV(%)
	Bloco	Cultivar	Resíduo		
EST (cm)	278,43	319,18*	37,51	69,80	8,77
MF ¹ (%)	0,08	0,11*	0,001	17,11	11,32
NEP (unidade)	677,50	61,81*	27,13	11,62	44,84
CE (cm)	5,62	13,57*	1,04	8,79	11,63
ME (g)	6,56	3,22*	0,22	1,59	29,54
NGE (unidade)	1843,53	1150,00*	128,38	43,62	25,97
MGE (g)	4,41	2,12*	0,14	1,15	32,98
ICE (adimensional)	0,03	0,02*	0,006	0,71	11,33
RGP ¹	20,11	5,80*	1,29	13,55	32,87
GL	5	9	526	-	-

GL = Graus de Liberdade; CV = Coeficiente de variação, em porcentagem; IV = índice de variação, em porcentagem; * Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; EST = estatura de planta, em cm; MF¹ = mancha da folha, em porcentagem, variável transformada; NEP = número de espigas por planta, em unidade; CE = comprimento da espiga, em cm; ME = massa da espiga, em g; NGE = número de grãos por espiga, em unidade; MGE = massa de grãos por espiga, em g; ICE = índice de colheita, adimensional; RGP¹ = rendimento de grãos por planta, variável transformada.

Para o caráter mancha da folha as cultivares Cristalino e Marfim apresentaram o pior comportamento quando comparada com as demais, com média de 27,34% e 28,89%, respectivamente, de suscetibilidade ao patógeno. Por outro lado, as cultivares Abalone, Ônix e Tibagi tiveram o melhor desempenho médio, com

valores de 7,84%, 10,58% e 8,89%, respectivamente. Para número de espigas por planta as cultivares não diferiram estatisticamente entre si.

Para o comprimento de espigas as cultivares CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era e Raízes apresentaram os valores mais elevados para o caráter, não diferindo entre si, formando o primeiro grupo. O segundo grupo foi formado por Abalone, CD 120, Ônix, Safira e Tibagi, as quais apresentaram os menores valores para o caráter. A massa de espiga agrupou as cultivares em dois grupos, o primeiro formado por: CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era e Raízes, os quais apresentaram as maiores médias para esse caráter, e o segundo grupo formado pela Abalone, CD 120, Ônix, Safira e Tibagi com as menores médias.

As cultivares tiveram, estatisticamente, o mesmo comportamento número de grãos por espiga. Para o caráter massa de grãos por espiga as cultivares CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era, Raízes e Tibagi manifestaram comportamento superior. Enquanto que as que tiveram desempenho inferior foram Abalone, CD 120, Ônix e Safira.

Diversos caracteres estão envolvidos com o rendimento de grãos, mas entre esses se destacam o número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa média dos grãos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; CUTHBERT et al., 2008). Alguns estudos não encontraram correlações do número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE) e massa de grãos por espiga (MGE) com o rendimento de grãos (SILVA et al., 2006). Outros estudos identificaram correlações positivas entre os caracteres citados e o rendimento de grãos (OKUYAMA et al., 2004; SILVA et al., 2005; VIEIRA et al., 2007b). Esses resultados indicam que há uma variação desses caracteres conforme o ambiente de cultivo. Vários genes estão envolvidos na expressão do rendimento de grãos, no entanto alguns componentes do rendimento são menos afetados, apresentando valores mais elevados de herdabilidade (CUTHBERT et al., 2008). Desta forma, se torna interessante a identificação de cultivares superiores para os caracteres citados, uma vez que estes estão relacionados com a produtividade. No presente estudo, as cultivares tiveram comportamento similar para NEP e NGE, e para MGE cinco cultivares foram superiores: CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era e Tibagi demonstraram desempenho superior.

Tabela 2. 3 - Desempenho médio para os caracteres agrônômicos EST, MF, NEP, CE, ME, NGE, MGE, ICE e RGP, avaliados em dez cultivares de trigo do experimento realizado no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Genótipo	Caracteres									
	EST (cm)		MF (%)		NEP (unidade)		CE (cm)		ME (g)	
Abalone	66,59	A	7,84	D	12,38	A	8,23	B	1,19	B
CD104	63,37	A	14,57	C	8,43	A	9,05	A	1,88	A
CD120	73,88	A	14,11	C	13,51	A	7,98	B	1,42	B
Cristalino	70,75	A	27,34	A	12,19	A	8,55	B	1,81	A
Marfim	70,60	A	28,89	A	10,53	A	9,17	A	1,89	A
Nova Era	68,74	A	15,96	C	11,93	A	9,70	A	1,96	A
Ônix	72,24	A	10,58	D	11,42	A	9,30	A	1,28	B
Raízes	71,56	A	21,49	B	11,72	A	8,06	B	1,61	A
Safira	71,51	A	12,54	C	14,32	A	9,11	A	1,14	B
Tibagi	67,23	A	10,44	D	10,54	A	8,84	A	1,51	B

Genótipo	Caracteres									
	NGE (unidade)		MGE (g)		ICE (adimensional)		RGP (g)			
Abalone	36,72	A	0,84	B	0,69	A	10,19	A		
CD104	50,19	A	1,37	A	0,72	A	11,99	A		
CD120	40,90	A	1,02	B	0,70	A	13,78	A		
Cristalino	48,72	A	1,38	A	0,75	A	18,09	A		
Marfim	45,60	A	1,41	A	0,73	A	15,13	A		
Nova Era	50,56	A	1,39	A	0,70	A	16,89	A		
Ônix	38,81	A	0,85	B	0,65	A	9,66	A		
Raízes	45,27	A	1,18	A	0,73	A	14,40	A		
Safira	36,10	A	0,82	B	0,70	A	11,72	A		
Tibagi	39,65	A	1,15	A	0,74	A	12,99	A		

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferiram estatisticamente entre si, por Skott e Knott, ao nível de 5% de significância; EST = estatura de planta, em cm; MF = mancha da folha, em porcentagem; NEP = número de espigas por planta, em unidade; CE = comprimento da espiga, em cm; ME = massa da espiga, em g; NGE = número de grãos por espiga, em unidade; MGE = massa de grãos por espiga, em g; ICE = índice de colheita, adimensional; RGP = rendimento de grãos por planta.

Outro importante parâmetro relacionado com o rendimento de grãos é o índice de colheita (IC), o qual mede a eficiência da planta em converter os fotoassimilados em grãos. A redução da palhada, através da diminuição da estatura e da demanda de fotoassimilados pelas estruturas da planta, pode contribuir para aumentar o IC (PELTONEN-SAINIO et al., 2008). Na cultura da aveia branca, esse

índice tem alcançado melhores resultados com a redução de estatura de planta e com o aumento no número de grãos e massa de grãos por panícula (BARBOSA NETO et al., 2000). No trigo, da mesma forma que na aveia, a redução da estatura está correlacionada com o índice de colheita, com valores negativos de 0,73 (RODRIGUES et al., 2007). Semelhante ao IC, o índice de colheita da espiga (ICE) é uma importante estimativa de produção que infere sobre a relação palha grão, uma vez que utiliza para o cálculo a relação entre MGE e ME. Neste trabalho, foram encontrados valores desde 0,65 até 0,75, as quais, estatisticamente, não diferiram entre si. Essa amplitude de valores também foi observada em outro estudo, no qual a variação ficou entre 0,62 a 0,72 (LUCHE, 2011).

As cultivares apresentaram comportamento médio similar para rendimento de grãos. O melhoramento de qualquer cultura está associado à produtividade, uma vez que o produtor, no momento da compra, preza por cultivares de elevada produção.

A dissimilaridade genética entre as 10 cultivares de trigo, definidas com base no desempenho médio para os caracteres avaliados, conforme apresentado na Tabela 2.4, foi possível identificar que as menores distâncias foram encontradas entre Nova Era e CD 104 ($dm = 1,09$), Ônix e Safira ($dm = 1,31$) e Raízes e Cristalino ($dm = 1,32$). As maiores distâncias genéticas observadas foram para Abalone e Marfim ($dm = 9,90$), Ônix e Cristalino ($dm = 9,50$) e Abalone e Cristalino ($dm = 9,20$). Os grupos formados no dendrograma foram gerados com base no método proposto por Tocher, sendo a linha traçada na figura meramente ilustrativa, objetivando facilitar a visualização das cultivares nos grupos (Figura 2.1).

O resultado da análise evidencia a formação de sete grupos, sendo eles: grupo I formado por Abalone; grupo II por Tibagi; grupo III por Ônix e Safira; grupo IV por CD 120; grupo V com as cultivares CD 104 e Nova Era, grupo VI por Cristalino e Raízes; e grupo VII formado por Marfim. O coeficiente de correlação cofenético (r), que mede o ajuste entre as matrizes geradas e o dendrograma formado, revelou magnitude de 0,78, indicando um elevado ajuste entre a matriz de dissimilaridade (Tabela 2.4) e a representação gráfica obtida (Figura 2.1).

A adequada caracterização das constituições genéticas que irão compor os cruzamentos é de suma importância a fim de permitir, não apenas a complementariedade dos alelos e a exploração do vigor, mas também a formação de populações que apresentem caracteres agrônômicos favoráveis, aumentando as

chances de obter indivíduos transgressivos na população (MOHAMMADI; PRASANNA, 2003). Desta forma, é indicada a utilização de indivíduos que se encontrem em distintos grupos, visando garantir maior segregação. Considerando o desempenho médio geral dos genótipos em relação aos caracteres avaliados (Tabela 2.3 e 2.4) e a representação da dissimilaridade (Figura 2.1), é possível sugerir as combinações entre as cultivares CD 104 e Marfim, e Marfim e Tibagi, os quais caracterizam possíveis combinações promissoras na formação de populações alvo de seleção para caracteres envolvidos com o rendimento de grãos.

Tabela 2. 4 - Distância genética dos caracteres (EST, MF, NEP, CE, ME, NGE, MGE, ICE e RGP) na análise de diversidade entre dez cultivares de trigo cultivadas no campo experimental do Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012, utilizando a distância Euclidiana. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Cultivar	Abalone	CD 104	CD 120	Cristalino	Marfim	Nova Era	Ônix	Raízes	Safira	Tibagi
Abalone	0									
CD 104	3,50	0								
CD 120	2,95	6,07	0							
Cristalino	9,20	6,53	4,54	0						
Marfim	9,90	5,92	6,41	1,55	0					
Nova Era	3,97	1,09	5,15	5,42	4,34	0				
Ônix	2,43	5,09	3,73	9,50	8,69	3,24	0			
Raízes	5,41	5,39	1,47	1,32	3,25	4,88	6,47	0		
Safira	1,68	5,46	3,55	8,28	7,59	3,98	1,31	5,70	0	
Tibagi	1,82	3,02	3,62	6,63	6,00	2,43	2,38	4,79	1,78	0

EST = estatura de planta, em cm; MF = mancha da folha, em porcentagem; NEP = número de espigas por planta, em unidade; CE = comprimento da espiga, em cm; ME = massa da espiga, em g; NGE = número de grãos por espiga, em unidade; MGE = massa de grãos por espiga, em g; ICE = índice de colheita, adimensional; e RGP = rendimento de grãos por planta, em g.

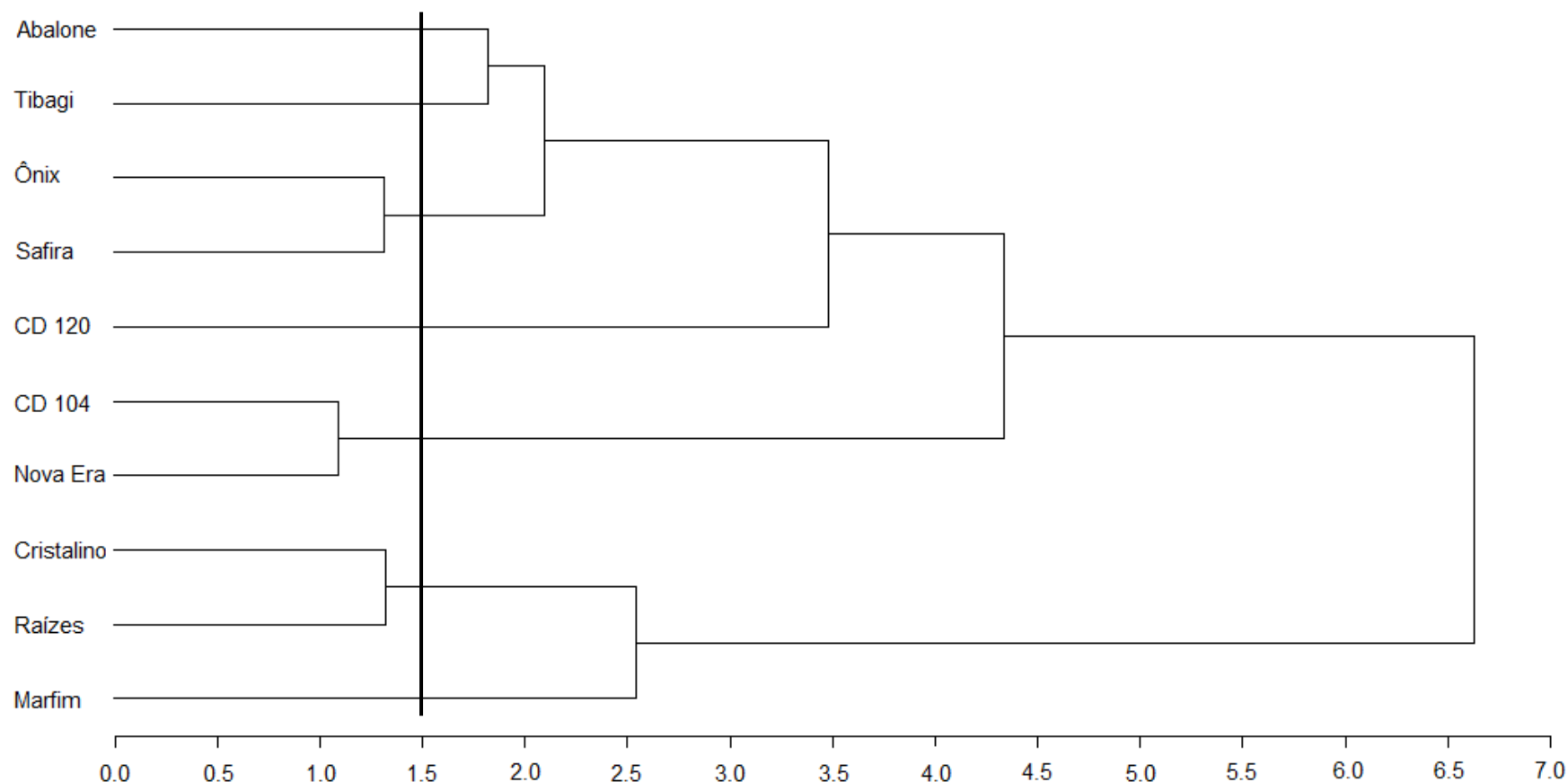


Figura 2. 1 - Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre cultivares de trigo cultivado em Capão do Leão - RS, as safras agrícolas de 2012, utilizando a distância Mahalanobis, gerado com base no desempenho médio dos caracteres de interesse agrônomo (estatura, mancha da folha, número de espigas por planta, comprimento de espiga, massa de espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, índice de colheita e rendimento de grãos por planta). A linha vertical está colocada para delimitar os grupos encontrados usando o método de Tocher. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

As cultivares CD 104, Marfim e Tibagi apresentaram valores superiores para a maioria dos caracteres avaliados, além de estarem distantes geneticamente, fato que poderia promover a formação de populações superiores para os caracteres deste estudo. Além disso, estes cruzamentos teriam como vantagem associar a maior tolerância a MF das cultivares CD 104 e Tibagi, decorrente dos genes presentes nessas cultivares, com a cultivar Marfim que apresentou menor tolerância a essa doença (Tabela 2.3).

2.4 Conclusão

Há desempenho fenotípico diferencial das cultivares de trigo para os caracteres agronômicos estudados neste trabalho.

A distância de Mahalanobis e o método de otimização de Tocher permitem separar em distintos grupos as cultivares de trigo, indicando a cultivar mais distante como sendo o CD 120 e os mais próximos como sendo CD 104 e Nova Era.

As cultivares CD 104, Marfim e Tibagi são sugeridos para utilização em futuros cruzamentos de trigo.

2.5 Referências bibliográficas

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Tradução de A. BLUMENSCHNEIN, E. PATERNIANI, J.T.A. GURGEL e R. VENCOSKY. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1971. 381p.

BARBOSA NETO, J.F.; MATIELLO, R.R.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEGORARO, D.G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M.H.B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.35, n.8, p.1605-1612, 2000.

BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; HARTWING, I.; SILVA, J.A.G.; SCHIMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; BUSATO, C.C.; RIBIERA, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.3, p.279-286, 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N.D.; REIS, R.C.P.; SOUZA, J.R.; JOST, E. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2138-2145, 2008.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, S.A. **Condução de populações no melhoramento genético de plantas**. Pelotas, RS, Editora Universitária, 2008. 271p.

COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Novo método de classificação de coeficiente de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.243-249, 2002.

CRESTANI, Maraisa. **Dinâmica de caracteres componentes da produção e da qualidade química e industrial de grãos em aveia branca: interação genótipo vs. ambiente e capacidade combinatória**. 2011. 201f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. vol.1, Editora Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. 480p.

CRUZ, Cosme Damião. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 382p.

CUTHBERT, J.L.; SOMERS, D.J.; BRÛLÉ-BABEL, A.L.; BROWN, P.D.; CROW, G.H. Molecular mapping of quantitative trait loci for yield and yield components in

spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v.117, n.4, p.594-608, 2008.

LUCHE, Henrique; **Caráter stay-green: contribuições para a remoção do platô de produtividade e incremento na estabilidade de genótipos de trigo**. 2011, 93f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MOHAMMADI, S.A.; PRASANNA, B.M. Analysis of genetic diversity in crop plants – salient statistical tools and considerations. **Crop Science**, v.43, n.4, p.1235-1248, 2003.

OKUYAMA, L.A.; FEDERIZZI, L.C.; BARBOSA NETO, J.F. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1701-1708, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba – SP: FEALQ, 2002. 309p.

PELTONEN-SAINIO, P.; MUURINEN, S.; RAJALA, A.; JAUHIAINEN, L. Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern growing conditions. **Journal of Agricultural Science**, v.146, n.1, p.35-47, 2008.

PURDY, L.H.; LOEGERING, W.Q.; KONZAK, C.F.; PETERSON, C.J.; ALLAN, R.E. A proposed standard method for illustrating pedigrees of small grain varieties. **Crop Science**, v.4, n.8, p.405-406, 1968.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras – MG: UFLA, 2012. 328p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – RCBPTT. **Informações técnicas para a safra 2011: trigo e triticale**. Cascavel-PR, Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, 2010. 169p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – RCBPTT. **Informações técnicas para a safra 2013: trigo e triticale**. Londrina-PR, Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, 2013. 220p.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J.C.B.; DIDONET, A.D.; MARCHESE, J.A. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.817-825, 2007.

ROY, J.K.; LAKSHMIKUMARAN, M.S.; BALYAN, H.S.; GUPTA, P.K. AFLP- Based genetic diversity and its comparison with diversity based on SSR, SAMPL, and phenotypic traits in bread wheat. **Biochemical Genetics**, v.42, n.1, p.43-59, 2004.

SAS LEARNING EDITION. **SAS Program - Getting started with the SAS Learning Edition**. North Carolina: Cary SAS Publishing, 2002. 200p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileira de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SING, H.; SHARMA, S.N.; SAIN, R.S. Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. **Hereditas**, v.141, n.2, p.104-114, 2004.

SILVA, S.A.; CARVALHO, F.I.F.; NEDEL, J.L.; CRUZ, P.J.; SILVA, J.A.G.; CARTANO, V.R.; HARTWING, I.; SOUSA, C.S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, v.64, n.2, p.191-196, 2005.

SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; BENIN, G.; VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, M.F.; FINATTO, T.; BUSATO, C.C.; RIBEIRO, G. Correlação de acamamento com rendimento de grãos e outros caracteres de interesse agrônomo em plantas de trigo. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.756-764, 2006.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxonomy**, v.11, p.33-40, n.2, 1962.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, v.58, n.3, p.337-341, 2011.

VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, L.F.; BENIN, G.; SILVA, J.A.G.; KOPP, M.M.; HARTWING, I.; CARVALHO, M.F.; VALÉRIO, I.P. Associação da distância genética em trigo estimada a partir de caracteres morfológicos, caracteres fenológicos e dos componentes do rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.2, p.161-168, 2007a.

VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, L.F.; BENIN, G.; SILVA, J.A.G.; COIMBRA, J.; MARTINS, A.F.; CARVALHO, M.F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.169-174, 2007b.

WILHELM, E.P.; HOWELLS, R.M.; AL-KAFF, N.; JIA, J. BAKER, C.; LEVERINGTON-WAITE, M.; GRIFFITHS, S.; GREENLAND, A.J.; BOULTON, M.I.; POWELL, W. Genetic characterization and mapping of the *Rht-1* homoeologs and flanking sequences in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, v.126, n.5, p.1321-1336, 2013.

Capítulo III

3. Estimativa da heterose e herdabilidade de caracteres agronômicos importantes na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)

3.1 Introdução

Os cruzamentos dialélicos fornecem resultados que possibilitam a estimativa da heterose e o entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na expressão dos caracteres de interesse. A heterose se manifesta pelo aumento da frequência de alelos dominantes superiores, sejam eles em locos homozigotos e/ou heterozigotos, os quais contribuirão para aumentar o caráter de interesse. A expressão da heterose em indivíduos híbridos é dada pelo comportamento médio superior ou inferior com relação à média dos genitores contrastantes para a característica desejada pelo melhorista (ALLARD, 1971; CARVALHO et al., 2008). A heterose foi descrita inicialmente no início do século XX por East (1908) e Shull (1908), sendo sugerido que as bases genéticas e moleculares envolvidas incluem dominância (BRUCE, 1910); sobredominância (HULL, 1946; CROW, 1948) e epistasia (POWERS, 1944).

Em autógamias a heterose representa as possibilidades de combinação dos distintos alelos presentes nos genitores de um cruzamento, resultando em diferentes classes fenotípicas em F_2 . Desta forma, valores elevados de heterose podem resultar em uma maior amplitude de variação em F_2 , população que será base para seleção (FALCONER; MACKAY, 1996; BIRCHLER et al., 2010). Com o avanço das gerações, observa-se a formação de diferentes classes genotípicas, aumentando a possibilidade de seleção de indivíduos superiores com caracteres fixos e com grande parte dos alelos em homozigose para a maioria dos seus locos (ALLARD, 1971; BERTAN et al., 2009; CRESTANI, 2011). Em autógamias, o estudo da heterose tem por objetivo a identificação dos efeitos de dominância dos alelos responsáveis pela característica em estudo (ALLARD, 1971; CARVALHO et al., 2008).

Portanto, a heterose evidencia a maior possibilidade de recombinação entre distintos alelos, mas é necessário saber o quanto deste fenótipo manifestado será transmitido para a próxima geração. Assim, a herdabilidade de um caráter permite a seleção com base no fenótipo da planta tornando-se uma importante ferramenta para o melhorista. Caracteres quantitativos são governados por muitos genes, o que

reflete na dificuldade de seleção em gerações iniciais, uma vez que estes sofrem grande influência do ambiente (ALLARD, 1971). Assim, os valores de herdabilidade destes caracteres se tornam de difícil aplicação no momento da seleção em gerações segregantes, uma vez que o fenótipo é a expressão do genótipo, do ambiente e da interação entre genótipo e ambiente (CARVALHO et al., 2001). A obtenção da herdabilidade dos caracteres se faz importante para a compreensão dos efeitos genéticos envolvidos e o seu comportamento frente ao ambiente.

Frente ao exposto, é de interesse a quantificação da heterose dos cruzamentos realizados, bem como a determinação dos valores de herdabilidade dos caracteres avaliados neste estudo. Assim, os objetivos foram: i) estimar a heterose e a perda de vigor decorrente da endogamia, visando à indicação de cruzamentos promissores; e ii) estimar a herdabilidade de caracteres de importância agrônômica.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2012, no campo experimental pertencente ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF), situado no Centro Agropecuário da Palma (UFPel), no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul. O município está localizado a 31°52'00" de latitude sul e 52°21'24" de longitude oeste; e altitude de 13,24 m. O tipo de solo encontrado no local da condução do ensaio é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo da unidade de Mapeamento de Pelotas (SANTOS et al., 2006).

O preparo do solo da área experimental seguiu as recomendações da Comissão Brasileira de Trigo e Triticale (RCBTT, 2010), sendo realizadas correções de acidez e adubação com macronutrientes (NPK) em função dos teores observados na análise química do solo, a fim de atender a demanda necessária da cultura.

Foram empregados dez cultivares para a realização dos cruzamentos, escolhidas com base no desempenho agrônomo e diferenças para qualidade industrial, sendo elas: Abalone, CD 104, CD 120, Fundacep Cristalino, Marfim, Fundacep Nova Era, Ônix, Fundacep Raízes, Safira e TBIO Tibagi (Tabela 3.1). A genealogia das cultivares, bem como a classificação industrial foi obtida das Informações Técnicas do Trigo e Triticale (RCBPPT, 2013), e a simbologia utilizada na genealogia foi descrita por PURDY et al. (1968).

Os cruzamentos foram realizados na estação fria do ano de 2011, em casa de vegetação pertencente ao CGF, localizado próximo a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, *campus* Capão do Leão. Foram obtidas 31 combinações provenientes da realização de um dialelo completo desbalanceado. Parte das sementes F_1 obtidas dos cruzamentos foram semeadas em baldes de 3 L, em casa de vegetação para o avanço de geração. Essa etapa ocorreu na estação quente do ano de 2011/2012, sendo necessária para obtenção de sementes F_2 . As sementes restantes foram armazenadas em câmara de refrigeração para posterior uso no campo experimental.

O experimento foi composto pelos híbridos (F_1), população segregante (F_2) e pais, sendo a unidade experimental formada por duas linhas de três metros,

espaçadas 0,3 m entre plantas e entre linhas, com 15 plantas por linha, empregando semeadura manual. O delineamento experimental adotado no experimento foi de blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos culturais, assim como o controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram realizados de acordo com as Recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (RCBPTT, 2010).

Tabela 3. 1 - Genealogia dos genótipos empregados no experimento e sua classificação quanto à qualidade industrial do trigo, de acordo com a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. FAEM/UFPEL, Pelotas-RS, 2013.

Genealogia		Classe
Abalone	ORL93299/3/ORL92171//EMB16/2*OR1/4/RUBI	Pão
CD 104	PFAU "S"/IAPAR17	Melhorador
CD 120	RUBI/CD 105	Brando
Fundacep Cristalino	BR 35/CEP 9291/4/BR 32/3/CNO 79/PF70354/MUS "S"	Melhorador
Marfim	ORL 94101/2*ORL 95688	Pão
Fundacep Nova Era	CEP88132/PG 876//BR 34/CRDN	Brando
Ônix	CEP-24/RUBI'S'	Pão
Fundacep Raízes	EMB 27/CEP 24/3/BUC"S"/FCT"S"//PF85229	Pão
Sáfira	PF9099/OR-1//GRANITO	Pão
TBIO Tibagi	SUPERA/ÔNIX	Pão

Simbologia da genealogia: /, //, /3/, /X/ indica a ordem em que os cruzamentos foram realizados; * indica os retrocruzamentos; o número indica o número de retrocruzamentos.

No campo foi realizada avaliação para estatura de plantas (EST, em cm), obtido através da aferição individual das plantas utilizando uma régua graduada, sendo medida a distância do solo até a espiguetas mais alta da planta; e mancha da folha (MF, em porcentagem) que compreende *Drechslera tritice-repentis* (causa a mancha amarela) e *Bipolaris sorokiniana* (causa a mancha marrom), principais fungos de ocorrência na região, sendo as plantas avaliadas visualmente para esta doença. Para quantificar o número de espigas por planta (NEP, em unidade) foi realizado a contagem de todas as espigas de cada planta. Do total de espigas, foi escolhida aleatoriamente uma e realizada as seguintes avaliações: comprimento da espiga (CE, em cm), no qual foi mensurada o seu comprimento utilizando uma régua graduada; massa da espiga (ME, em g), obtido através da pesagem da espiga;

número de grãos da espiga (NGE, em unidade), as espigas foram trilhadas manualmente e realizado a contagem dos grãos; massa de grãos da espiga (MGE, em g), obtido da pesagem apenas dos grãos. Com base nessas informações foi estimado o índice de colheita da espiga (ICE, adimensional) a partir da razão entre a massa de grãos da espiga e a massa total da espiga; e rendimento de grãos por planta (RGP, em g) obtido através da multiplicação do número de espiga por planta e a massa de grãos por espiga. Foram avaliados 4500 espigas para os caracteres citados acima.

A partir dos dados obtidos das avaliações, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para todos os caracteres estudados, utilizando o programa SAS LEARNING EDITION (2002), sendo ajustadas as variáveis MF utilizando a transformação $\frac{1}{\sqrt{MF}}$, e RGP utilizando a transformação da raiz quadrada da variável. A heterose foi calculada através da fórmula:

$$H(\%) = \left[\frac{\overline{F_1} - \overline{MP}}{\overline{MP}} \right] \times 100$$

Onde, H = heterose observada em relação à média dos genitores; $\overline{F_1}$ = média do híbrido para o caráter em estudo; $\overline{MP}$ = média dos genitores $([P1 + P2]/2)$ para o caráter em estudo. A significância estatística foi determinada pelo teste Dunnet para cada caráter testado, na qual foram realizadas comparações entre o híbrido e a média dos genitores $([P1 + P2]/2)$, ao nível de 5% de probabilidade de erro. A perda de vigor foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$PV(\%) = \left[\frac{\overline{F_1} - \overline{F_2}}{\overline{F_1}} \right] \times 100$$

Onde, PV = representa a perda de vigor observada da média dos híbridos em relação ao F_2 ; $\overline{F_1}$ = média do híbrido para o caráter em estudo; $\overline{F_2}$ = média da população segregante para o caráter em estudo.

Para a estimativa da herdabilidade foi realizado uma análise de variância apenas com a geração F_2 considerando individualmente as plantas no programa SAS LEARNING EDITIONS (2002). A partir do quadrado médio obtido, foram

realizados os cálculos dos componentes da variância apresentado na Tabela 3.2 (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Tabela 3. 2 - Componentes da variação da análise das populações segregantes de trigo, do experimento conduzido no Capão do Leão, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPeI, Pelotas, 2013.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	E(QM)
Bloco	b-1	SQ _b	SQ _b /GL _b	$\sigma_d^2 + r\sigma_e^2 + rg\sigma_b^2$
Progênie	p-1	SQ _p	SQ _p /GL _p	$\sigma_d^2 + r\sigma_e^2 + rb\sigma_g^2$
Entre progênie	(b-1)(p-1)	SQ _e	SQ _e /GL _e	$\sigma_d^2 + r\sigma_e^2$
Dentro de progênie	(n-1)bp	SQ _d	SQ _d /GL _d	σ_d^2
Total	nbp -1			

GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; E(QM) = esperança do quadrado médio.

Sendo possível estimar os seguintes componentes:

i) Variância de ambiente (σ_b^2):

$$\sigma_b^2 = \frac{QM_{bloco} - QM_{entre}}{rg}$$

ii) Variância do ambiente dentro da progênie (σ_e^2):

$$\sigma_e^2 = \frac{QM_{entre} - QM_{dentro}}{r}$$

iii) Variância genética entre progênes (σ_g^2):

$$\sigma_g^2 = \frac{QM_{progênie} - QM_{entre}}{rb}$$

iv) Variância genética dentro da progênie ($\sigma_{g\ dentro}^2$):

$$\sigma_{g\ dentro}^2 = (1 - F)\sigma_g^2$$

v) Variância entre plantas dentro da progênie (σ_d^2):

$$\sigma_d^2 = QM_{dentro}$$

Onde, r = número de plantas avaliadas em cada parcela; g = número de famílias (progênes); b = número de blocos; F = é a probabilidade de que dois alelos

de um loco num indivíduo sejam idênticos por descendência (WRIGHT, 1922). A partir desses componentes foi possível estimar a herdabilidade no sentido amplo:

i) Quando a unidade de seleção for a família ou progênie (h^2_{entre}):

$$h^2_{entre} = \frac{\hat{\sigma}^2_g}{\left(\frac{QM_{progênie}}{rb}\right)}$$

ii) Quando a unidade de seleção for indivíduos dentro da família (h^2_{dentro}):

$$h^2_{dentro} = \frac{\hat{\sigma}^2_{g\ dentro}}{(QM_{dentro})}$$

iii) Quando a unidade de seleção for indivíduos dentro do bloco ($h^2_{dentro_bloco}$):

$$h^2_{dentro_bloco} = \frac{\hat{\sigma}^2_g + \hat{\sigma}^2_{g\ dentro}}{\hat{\sigma}^2_d + \hat{\sigma}^2_e + \hat{\sigma}^2_g}$$

iv) Quando a unidade de seleção for o indivíduo ($h^2_{indivíduo}$):

$$h^2_{indivíduo} = \frac{\hat{\sigma}^2_g + \hat{\sigma}^2_{g\ dentro}}{\hat{\sigma}^2_d + \hat{\sigma}^2_e + \hat{\sigma}^2_g + \hat{\sigma}^2_b}$$

3.3 Resultados e discussão

As análises de variância apresentadas na Tabela 3.3 foram realizadas fixando as diferentes populações do estudo. A análise dos pais evidenciou que as cultivares utilizadas nos cruzamentos apresentaram diferenças significativas para todos os caracteres avaliados. Da mesma forma, os híbridos F_1 e as populações F_2 mostram diferenças significativas para todos os caracteres, indicando presença de variabilidade entre o material. Diferenças significativas também foram encontradas para os Pais x F_1 e Pais x F_2 , indicando a existência de heterose e perda de vigor (depressão endogâmica) entre os indivíduos.

A análise de variância entre a população F_1 x F_2 mostrou diferenças significativas para todos os caracteres, evidenciando que este comportamento é decorrente das constituições genéticas envolvidas. Resultados similares foram encontrados em estudos com populações híbridas e segregantes, no qual obtiveram diferenças significativas, demonstrando que o desempenho não foi constante com ao avanço de geração (JOSHI et al., 2004; BERTAN et al., 2009).

Considerando o desempenho médio dos genitores, Tabela 3.4, é interessante ressaltar o genótipo CD 104 que apresentou valores superiores a média mais um desvio padrão para os caracteres ME, NGE e MGE, podendo esta cultivar apresentar alelos que contribuam favoravelmente para o aumento da produtividade quando usado em hibridações artificiais. A cultivar Marfim apresentou desempenho superior à média geral para os caracteres MGE, ICE e RGP, importantes caracteres agrônômicos visando à produtividade de uma cultura. A cultivar Abalone apresentou valor abaixo da média menos um desvio padrão para EST, fato interessante uma vez que a redução na estatura favorece a adoção de diversas práticas de manejo da adubação (WILHELM et al., 2013). Essa cultivar demonstrou o mesmo comportamento para os caracteres ME, NGE, MGE, ICE e RGP, entretanto, esses valores prejudicam a sua utilização em blocos de cruzamento que visem incrementar estes caracteres. A cultivar Nova Era apresentou comportamento superior para CE, ME e MGE, mas isso não se refletiu no RGP, o qual se manteve na média geral.

Tabela 3. 3 - Resumo da análise de variância individual para os pais; F₁ e F₂, e análise conjunta entre F₁ e Pais; F₂ e Pais; F₁ e F₂; e Pais, F₁ e F₂ na análise de 31 populações e 10 genitores de um cruzamento dialélo, conduzido no Capão do Leão, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio								
		EST	MF ¹	NEP	CE	ME	NGE	MGE	ICE	RGP ¹
Pais	9	445,83*	0,09*	150,33*	13,20*	2,45*	1128,78*	1,67*	0,05*	4,73*
Resíduo	178	24,62	0,003	26,72	0,98	0,19	119,98	0,13	0,01	1,23
CV(%)	-	7,08	22,16	39,14	11,38	28,25	25,83	31,85	9,63	30,20
Geração F ₁	30	167,41*	0,050*	77,79*	6,77*	1,85*	491,50*	1,11*	0,01*	4,37*
Resíduo	353	42,48	0,002	19,12	0,94	0,32	147,33	0,21	0,006	1,23
CV(%)	-	9,19	18,29	50,74	10,52	29,62	25,50	32,73	10,10	33,64
F ₁ e Pais	40	186,88*	0,06*	64,49*	7,69*	2,07*	638,20*	1,26*	0,01*	4,27*
Resíduo	459	45,11	0,003	21,44	1,00	0,30	145,26	0,21	0,001	1,31
CV(%)	-	9,52	19,59	54,04	10,93	29,47	25,52	32,92	10,73	35,23
Geração F ₂	30	676,66*	0,08*	205,55*	6,55*	2,18*	870,07*	1,32*	0,03*	3,45*
Resíduo	1645	65,36	0,003	29,73	1,39	0,21	131,60	0,15	0,01	0,47
CV(%)	-	11,32	19,86	42,10	13,43	30,83	28,07	35,94	14,13	22,96
F ₂ e Pais	40	663,10*	3,57*	191,43*	7,93*	2,22*	901,15*	1,38*	0,03*	3,57*
Resíduo	1985	59,74	0,46	29,20	1,32	0,21	129,21	0,14	0,01	0,46
CV(%)	-	10,86	22,63	41,65	13,13	30,47	27,61	35,28	13,64	22,63
F ₁ e F ₂	61	417,18*	0,07*	253,23*	7,65*	3,05*	972,05*	1,88*	0,02*	4,37*
Resíduo	1998	61,36	0,003	27,84	1,31	0,23	134,68	0,16	0,01	0,61
CV(%)	-	10,99	19,98	44,37	12,88	30,19	27,30	34,69	13,45	25,42
Pais, F ₁ e F ₂	71	440,51*	0,07*	253,24*	8,64*	3,06*	998,27*	1,93*	0,03*	6,44*
Resíduo	2274	58,10	0,003	27,90	1,27	0,23	132,33	0,16	0,01	0,68
CV(%)	-	10,72	20,36	43,80	12,74	30,10	27,06	34,56	13,19	26,21

CV = coeficiente de variação, em porcentagem; * = significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F; EST = estatura de planta, em cm; MF¹ = mancha da folha, em porcentagem, variável transformada; NEP = número de espigas por planta, em unidade; CE = comprimento da espiga, em cm; ME = massa da espiga, em g; NGE = número de grãos por espiga, em unidade; MGE = massa de grãos por espiga, em g; ICE = índice de colheita, adimensional; RGP¹ = rendimento de grãos por planta, variável transformada.

Tabela 3. 4 - Média de dez genótipos de trigo para os caracteres mensurados no experimento conduzido no campo experimental da Palma, localizado no Capão do Leão-RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPeL, Pelotas-RS, 2013.

Genitores	EST cm	MF %	NEP unidade	CE cm	ME g	NGE unidade	MGE g	ICE adim.	RGP g
Abalone	64,73 I	10,00	6,82	8,65	1,17 I	36,89 I	0,80 I	0,67 I	5,19 I
CD 104	66,47	16,67	7,53	9,34	2,19S	59,88S	1,66S	0,72	12,61
CD 120	73,71S	15,00	10,17S	8,26 I	1,62	46,18	1,17	0,71	12,08
Cristalino	71,52	40,00S	10,19S	8,83	1,85	50,77	1,38	0,73S	14,42S
Marfim	71,07	39,33S	8,51	9,47	2,05	49,10	1,55S	0,74S	13,98S
Nova Era	65,68	20,00	6,42 I	10,05S	2,22S	51,72	1,59S	0,70	10,41
Ônix	71,88	8,33 I	7,88	9,27	1,48	45,13	1,01	0,68 I	7,85
Raízes	67,27	21,67	7,64	7,74 I	1,41	38,44	1,02	0,72	7,74
Safira	64,78 I	11,67	7,28	8,66	1,26 I	33,16 I	0,91	0,71	6,78
Tibagi	71,11	15,00	7,28	9,83S	1,56	44,67	1,13	0,71	8,30
Média geral	68,82	19,77	7,97	9,01	1,68	45,59	1,22	0,71	9,94
Desvio padrão	3,36	11,27	1,29	0,68	0,38	7,91	0,30	0,02	3,21

S= um desvio padrão superior à média geral; I= um desvio padrão inferior à média geral; EST= estatura de planta; MF= mancha da folha; NEP= número de espigas por planta; CE= comprimento da espiga; ME= massa de espiga; NGE= número de grãos por espiga; MGE = massa de grãos por espiga; ICE= índice de colheita de espiga; RGP= rendimento de grãos por planta.

Nas Tabelas 3.5, 3.6 e 3.7 são apresentadas as médias originais para as 31 combinações provenientes dos cruzamentos entre dez cultivares elite de trigo, nas gerações F₁ e F₂ para todos os caracteres estudados. De forma geral, a presença da cultivar Nova Era contribuiu para elevar os valores médios em relação à população F₁ ou F₂. Nos híbridos elevou a média de EST, NEP, CE, ME, NGE, MGE e RGP. Desta forma, evidencia-se uma elevada capacidade geral de combinação, indicando que esta cultivar contribui com genes de efeito aditivo para os caracteres avaliados.

A cultivar Abalone reduziu a média dos caracteres CE, ME, NGE, MGE, ICE e RGP quando presente como genitor, demonstrando que de forma geral, não contribui com alelos favoráveis para os caracteres estudados quando o objetivo do cruzamento for a produtividade. Para o caso de EST e MF, esta diminuição é favorável.

Tabela 3. 5 - Média das 31 populações nas gerações F₁ e F₂, para estatura de planta, mancha da folha e número de espigas por planta, caracteres avaliados no experimento conduzido no Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012, FAEM/UFPel, Pelotas-Rs, 2013.

Populações	EST (cm)		MF (%)		NEP (unidade)	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Abalone x CD 104	71,92	65,19 I	13,33	16,67	9,37	13,98
Abalone x CD 120	71,16	72,85	13,33	8,33 I	11,93 S	13,74
Abalone x Cristalino	68,95	70,98	36,66 S	21,03 S	10,24	12,49
Abalone x Marfim	67,15 I	65,30 I	20,00	11,67	6,82	10,86 I
Abalone x Nova Era	74,34 S	69,23	26,67	16,15	13,77 SS	16,40 S
Abalone x Ônix	67,50 I	70,24	8,33 I	13,33	7,81	13,79
Abalone x Raízes	68,99	69,88	10,00 I	11,67	10,55	12,20
Abalone x Safira	66,38 I	67,44 I	10,00 I	16,72	9,49	11,20
Abalone x Tibagi	63,10 II	62,21 II	10,00 I	10,00 I	6,15	11,17
CD 104 x CD 120	71,54	69,06	10,00 I	9,78 I	8,33	9,36 I
CD 104 x Cristalino	67,50 I	70,15	16,67	10,60 I	7,26	10,56 I
CD 104 x Marfim	71,28	68,89	20,00	17,81	8,61	11,81
CD 104 x Nova Era	75,01 S	69,89	30,00 S	21,56 S	8,16	12,49
CD 104 x Raízes	73,94 S	69,70	13,33	16,67	7,34	12,08
CD 104 x Tibagi	69,30	68,92	10,00 I	8,33 I	7,90	10,63 I
CD 120 x Cristalino	69,35	72,37	21,67	16,10	7,34	13,27
CD 120 x Marfim	72,12	72,19	18,33	15,13	7,83	12,27
CD 120 x Safira	73,31	72,66	10,00 I	11,01 I	7,57	11,96
Cristalino x Marfim	69,09	69,02	33,33 S	18,00	5,22 I	10,78 I
Cristalino x Nova Era	69,34	70,99	23,33	20,24 S	6,86	14,18
Cristalino x Raízes	72,30	71,21	43,33 SS	18,72 S	10,80 S	12,35
Cristalino x Safira	72,88	76,15 S	33,33 S	13,78	8,89	14,50
Cristalino x Tibagi	66,37 I	71,79	20,00	18,22	5,87 I	13,19
Marfim x Ônix	71,07	72,82	20,00	12,97	10,74 S	11,43
Marfim x Raízes	73,27	76,34 S	25,00	20,71 S	7,30	14,92 S
Marfim x Safira	72,63	77,28 S	16,67	14,57	11,13 S	13,99
Nova Era x Ônix	74,40 S	74,92 S	25,00	15,49	11,03 S	16,59 S
Nova Era x Raízes	74,52 S	75,65 S	23,33	15,08	8,89	15,88 S
Ônix x Raízes	73,77 S	74,46	10,00 I	11,67	9,22	14,68
Raízes x Safira	70,93	76,79 S	13,33	15,13	8,64	15,62 S
Raízes x Tibagi	67,93	73,99	13,33	13,33	5,99 I	14,60
Média geral	70,69	71,24	19,30	14,85	8,61	13,00
Desvio padrão	2,95	3,55	9,07	3,71	1,96	1,87

EST= estatura de planta; MF= mancha da folha; NEP= número de espigas por planta; S= um desvio padrão superior a média geral; SS= dois desvios padrões superior a media; I= um desvio padrão inferior a media geral, II= dois desvios padrões inferiores a media.

Tabela 3. 6 - Média das 31 populações nas gerações F₁ e F₂, para comprimento de espiga, massa de espiga e número de grãos por espiga, caracteres avaliados no experimento conduzido no Capão do Leão - RS, na safra agrícola de 2012, FAEM/UFPeL, Pelotas-RS, 2013.

Populações	CE (cm)		ME (g)		NGE (unidade)	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Abalone x CD 104	9,90	8,92	1,99	1,33	49,93	39,51
Abalone x CD 120	8,73	8,52	1,44 I	1,21 I	44,16	34,93 I
Abalone x Cristalino	8,46 I	8,70	1,87	1,57	49,03	42,52
Abalone x Marfim	8,88	8,71	1,87	1,30	43,53	36,45 I
Abalone x Nova Era	10,34 S	9,44 S	2,38 S	1,62	54,61 S	43,68
Abalone x Ônix	9,63	8,75	1,76	1,27 S	48,18	37,61
Abalone x Raízes	9,16	8,87	1,67	1,34	44,42	36,86 I
Abalone x Safira	8,53 I	8,64	1,32 I	1,32	37,14 II	37,61
Abalone x Tibagi	8,81	8,83	1,44 I	1,26 I	39,22 I	36,32 I
CD 104 x CD 120	9,75	8,77	2,16	1,38	55,63 S	40,85
CD 104 x Cristalino	9,02	8,84	2,06	1,92 S	51,35	45,96 S
CD 104 x Marfim	9,57	8,49	1,94	1,67	50,09	44,74 S
CD 104 x Nova Era	11,06 S	9,5 S	2,86 S	1,83 S	59,89 SS	49,30 SS
CD 104 x Raízes	9,92 S	8,98	2,45 S	1,40	57,27 S	40,37
CD 104 x Tibagi	9,31	8,69	1,90	1,30	48,08	36,16 I
CD 120 x Cristalino	8,75	8,86	2,03	1,65	49,84	45,65 S
CD 120 x Marfim	8,68	8,43 I	1,89	1,52	47,38	41,87
CD 120 x Safira	8,84	8,43 I	1,68	1,24 I	44,80	37,86
Cristalino x Marfim	8,35 I	8,80	2,05	1,73 S	48,72	43,76
Cristalino x Nova Era	9,02	8,80	2,04	1,70 S	46,64	46,49 S
Cristalino x Raízes	8,63	8,35 I	1,93	1,64	48,62	42,70
Cristalino x Safira	9,16	8,91	1,83	1,56	47,70	40,68
Cristalino x Tibagi	8,73	8,43 I	1,73	1,45	41,75 I	37,51
Marfim x Ônix	9,62	8,68	1,64	1,42	44,48	40,55
Marfim x Raízes	9,01	8,59	2,05	1,58	49,08	42,63
Marfim x Safira	9,13	8,68	1,84	1,55	43,39	38,51
Nova Era x Ônix	10,26 S	9,79 S	2,32 S	1,53	48,37	44,61
Nova Era x Raízes	9,53	9,11 S	2,03	1,64	49,21	45,54 S
Ônix x Raízes	9,95 S	8,67	1,90	1,31	49,62	42,37
Raízes x Safira	9,31	8,49	1,56 I	1,35	41,42 I	38,35
Raízes x Tibagi	9,02	8,71	1,73	1,38	45,09	38,50
Média geral	9,26	8,79	1,92	1,48	47,70	40,98
Desvio padrão	0,63	0,32	0,31	0,19	4,95	3,68

CE= comprimento da espiga; ME= massa de espiga; NGE= número de grãos por espiga; ICE= índice de colheita de espiga; S= um desvio padrão superior a média geral; SS= dois desvios padrões superior a média; I= um desvio padrão inferior a média geral, II= dois desvios padrões inferiores a média.

Tabela 3. 7 - Média das 31 populações nas gerações F₁ e F₂, para massa de grãos por espiga, índice de colheita de espiga e rendimento de grãos por planta, caracteres avaliados no experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012, FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Populações	MGE (g)		ICE (adimensional)		RGP (g)	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Abalone x CD 104	1,44	0,88 I	0,73	0,63 II	13,65	12,63
Abalone x CD 120	1,05 I	0,85 I	0,73	0,68	12,54	11,82
Abalone x Cristalino	1,42	1,13	0,75	0,71	14,68	14,34
Abalone x Marfim	1,32	0,88 I	0,69 I	0,67 I	8,64	9,75
Abalone x Nova Era	1,76 S	1,16	0,73	0,70	23,97 SSS	19,20 S
Abalone x Ônix	1,25	0,90 I	0,71	0,70	9,59	12,26
Abalone x Raízes	1,22	0,94	0,72	0,70	12,49	11,59
Abalone x Safira	1,01 I	0,96	0,73	0,70	9,75	11,08
Abalone x Tibagi	1,01 I	0,92	0,70	0,71	6,25 I	10,27
CD 104 x CD 120	1,59	0,96	0,72	0,68	13,89	8,87
CD 104 x Cristalino	1,57	1,39 S	0,74	0,71	11,67	15,05
CD 104 x Marfim	1,40	1,19	0,72	0,69	12,34	14,27
CD 104 x Nova Era	2,13 SS	1,30 S	0,74	0,69	17,36 S	16,76
CD 104 x Raízes	1,81 S	1,00	0,73	0,71	13,16	11,89
CD 104 x Tibagi	1,37	0,92	0,72	0,69	11,12	10,11
CD 120 x Cristalino	1,54	1,18	0,75	0,70	11,54	15,18
CD 120 x Marfim	1,43	1,11	0,74	0,71	10,89	12,71
CD 120 x Safira	1,19	0,88 I	0,68 I	0,70	9,12	10,34
Cristalino x Marfim	1,55	1,29 S	0,75	0,74 S	8,40 I	14,49
Cristalino x Nova Era	1,46	1,25 S	0,68 I	0,72	10,40	17,65 S
Cristalino x Raízes	1,47	1,21	0,76 S	0,74 S	15,74	15,04
Cristalino x Safira	1,40	1,16	0,76 S	0,72	12,35	17,37 S
Cristalino x Tibagi	1,26	1,09	0,71	0,74 S	7,86 I	14,45
Marfim x Ônix	1,16 I	1,05	0,68 I	0,73 S	13,22	11,92
Marfim x Raízes	1,51	1,12	0,73	0,70	11,23	16,80
Marfim x Safira	1,40	1,16	0,75	0,74 S	17,48 S	16,59
Nova Era x Ônix	1,70 S	1,07	0,72	0,68	17,72 S	17,85 S
Nova Era x Raízes	1,54	1,19	0,74	0,71	14,09	19,00 S
Ônix x Raízes	1,35	0,96	0,71	0,72	12,49	13,50
Raízes x Safira	1,14 I	1,00	0,72	0,73 S	10,01	15,15
Raízes x Tibagi	1,30	1,02	0,75	0,71	7,70 I	15,24
Média geral	1,41	1,07	0,73	0,70	12,30	13,97
Desvio padrão	0,24	0,15	0,02	0,02	3,60	2,84

MGE= massa de grãos por espiga; ICE= índice de colheita de espiga; RGP= rendimento de grãos por planta; S= um desvio padrão superior a média geral; SS= dois desvios padrões superior a média; I= um desvio padrão inferior a média geral, II= dois desvios padrões inferiores a média.

O cruzamento entre Nova Era e Abalone proporcionou médias superiores mais um desvio padrão com relação à média geral da população para todos os caracteres, com exceção de mancha da folha e índice de colheita de espiga. O destaque foi para rendimento de grãos por planta, que na geração F_1 apresentou média mais três desvios padrões (23,97 g), demonstrando a superioridade deste híbrido em relação aos demais. Isto é corroborado pela existência de alta capacidade específica de combinação entre essas cultivares (Tabela 3.10), e que os efeitos genéticos envolvidos predominantes possuem ação gênica de dominância, sobredominância e epistasia. O avanço de geração levou a uma pequena redução na média do RGP (19,20 g), mas este ainda se manteve superior à média geral das populações F_2 , indicando que mesmo ocorrendo perda pelo aumento dos locos em homozigose, a combinação deste cruzamento manteve uma média superior.

Alguns caracteres apresentaram superioridade às demais combinações do dialelo apenas na geração F_1 , não sendo mantido na F_2 . Como exemplo, o cruzamento entre CD 104 e Raízes apresentou média para os caracteres estatura de planta de 73,94 cm e 69,70 cm, na geração F_1 e F_2 respectivamente, e para comprimento de espiga de 9,92 cm e 8,98 cm, respectivamente nas gerações F_1 e F_2 (Tabela 3.5 e 3.6). Esse fato, possivelmente, é devido à existência de vários locos em heterozigose provenientes da diferença entre alelos oriundos dos pais, que quando cruzados evidenciaram maior vigor híbrido. A redução observada em F_2 pode ser devido a efeitos de endogamia, através do incremento de locos em homozigose sugerindo a presença de variância genética devido aos desvios da dominância.

Algumas populações apresentaram médias superiores apenas em F_2 , não sendo constatado no híbrido o mesmo efeito. Esse é o caso do cruzamento entre Cristalino e Safira para o caráter EST, que apresentou na geração F_1 e F_2 média de 72,88 cm e 76,15 cm, respectivamente (Tabela 3.5). O cruzamento entre CD 104 e Cristalino para RGP apresentou 11,67 g e 15,05 g para F_1 e F_2 , respectivamente (Tabela 3.7). Esses dois exemplos de superioridade na geração segregante podem ser explicados pela existência de recombinação dos locos presentes em F_1 , o que sugere um valor aditivo mais significativo para os genes, além do acúmulo de alelos favoráveis complementares nos indivíduos da F_2 .

Nas populações foram observados comportamentos similares tanto em F_1 quanto em F_2 , não sendo evidenciada redução das médias com o avanço da

geração. Os exemplos utilizados são o cruzamento entre Abalone e Cristalino para RGP com médias de $F_1 = 14,68$ e $F_2 = 14,34$, e Nova Era e Ônix também para RGP com médias de $F_1 = 17,72$ e $F_2 = 17,85$ (Tabela 3.7). Nestes casos, é possível observar reduzida perda de vigor decorrente da endogamia, indicando que provavelmente os genes envolvidos apresentam efeito aditivo.

Desempenho inferior às médias em F_1 e F_2 foram observadas entre Abalone e CD 120 para ME ($F_1 = 1,44$ g e $F_2 = 1,21$ g) e Abalone e Marfim para ICE ($F_1 = 0,69$ e $F_2 = 0,67$), sendo atribuída a baixa capacidade de combinação entre os pais, aliado à pequena perda de vigor decorrente da endogamia, provavelmente devido a similaridade entre os genitores (Tabela 2.3).

O comportamento de 45 populações de trigo foi relatado para as gerações F_1 e F_2 , sendo que um maior número de populações superiores na geração F_1 foi encontrado em relação a F_2 (JOSHI et al., 2004). Em um estudo com 15 populações trigo apenas três combinações (20%) se mostraram superiores na geração F_1 (BERTAN et al., 2009). No presente estudo, 15 (48,4%) das 31 populações mostraram superioridade na geração F_1 , demonstrando que os genitores envolvidos nessas combinações apresentavam locos em heterozigose e que quando combinados levaram a expressão do vigor. Com o avanço da geração ocorreu um aumento dos locos em homozigose levando essas combinações a um decréscimo no desempenho médio, resultando no aumento da endogamia. Desta forma, é fundamental que o pesquisador priorize combinações mais heteróticas, pois mesmo que ocorra perda de vigor nas gerações iniciais estas combinações apresentarão maior número de classes fenotípicas superiores.

Nas Tabelas 3.8, 3.9 e 3.10 são apresentadas as estimativas de heterose para a geração F_1 , bem como a correspondente redução de vigor decorrente da endogamia. Informações úteis aos melhoristas, pois auxiliam na determinação da intensidade de seleção e o momento para sua realização (ALLARD, 1971).

No presente estudo, as populações apresentaram comportamento variável para heterose e redução do vigor nos distintos caracteres estudados. A maior heterose média observada foi para o caráter rendimento de grãos por planta (28,59%), seguido do caráter massa de grãos por espiga (14,64%) na geração F_1 . Analisando cada caráter nas diferentes populações, observa-se que para estatura de planta foram obtidos valores médios de 3,17% de heterose e -0,83% de perda de vigor.

Tabela 3. 8 - Heterose na geração F_1 e perda de vigor (Pv), em percentagem, de 31 combinações de trigo envolvendo 10 genitores, para caracteres agronômicos de interesse, do experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Populações	EST		MF		NEP	
	F_1	Pv	F_1	Pv	F_1	Pv
Abalone x CD 104	9,63	9,35	0,00	-25,00	30,60	-49,18
Abalone x CD 120	2,81	-2,38	6,67	37,50	40,41	-15,12
Abalone x Cristalino	1,21	-2,94	46,67	42,64	20,41	-22,00
Abalone x Marfim	-1,10	2,70	-18,92	25,00	-11,02	-59,18
Abalone x Nova Era	14,02	6,88	77,78	39,43	108,01*	-19,09
Abalone x Ônix	-1,18	-4,07	-9,09	-60,00	6,27	-76,50
Abalone x Raízes	4,53	-1,29	-36,84	-16,67	45,94	-15,60
Abalone x Safira	2,51	-1,60	-7,69	-67,18	34,62	-18,03
Abalone x Tibagi	-7,16	1,35	-20,00	0,00	-12,81	-81,80
CD 104 x CD 120	2,07	3,47	-36,84	2,17	-5,87	-12,30
CD 104 x Cristalino	-2,17	-3,93	-41,18	36,38	-18,09	-45,48
CD 104 x Marfim	3,66	3,25	-28,57	10,97	7,31	-37,24
CD 104 x Nova Era	13,53	6,83	63,64	28,14	16,98	-53,02
CD 104 x Raízes	10,56	5,73	-30,43	-25,00	-3,26	-64,61
CD 104 x Tibagi	0,73	0,54	-36,84	16,67	6,74	-34,45
CD 120 x Cristalino	-4,50	-4,35	-21,21	25,67	-27,88	-80,77
CD 120 x Marfim	-0,37	-0,10	-32,52	17,46	-16,22	-56,74
CD 120 x Safira	5,86	0,88	-25,00	-10,14	-13,20	-57,96
Cristalino x Marfim	-3,09	0,10	-15,97	46,00	-44,13	-106,37
Cristalino x Nova Era	1,09	-2,38	-22,22	13,26	-17,35	-106,66
Cristalino x Raízes	4,19	1,52	40,54	56,80	21,14	-14,43
Cristalino x Safira	6,95	-4,49	29,03	58,66	1,85	-63,05
Cristalino x Tibagi	-6,93	-8,16	-27,27	8,89	-32,77	-124,61
Marfim x Ônix	-0,56	-2,46	-16,08	35,14	31,09	-6,39
Marfim x Raízes	5,93	-3,31	-18,03	24,96	-9,54	-104,31
Marfim x Safira	6,93	-6,40	-34,64	1258	41,04	-25,68
Nova Era x Ônix	8,18	-0,70	76,47	38,03	54,27	-50,40
Nova Era x Raízes	12,10	-1,51	12,00	35,38	26,40	-78,73
Ônix x Raízes	6,03*	-0,93	-33,33	-16,67	18,87	-59,16
Raízes x Safira	7,43	-8,26	-20,00	-13,46	15,90	-80,81
Raízes x Tibagi	-1,82	-8,93	-27,27	0,00	-19,65	-143,72
Média (heterose e Pv)	3,17	-0,83	-6,68	12,18	6,27	-56,88

EST = estatura de planta, em cm; MF = mancha da folha, em porcentagem; NEP = número de espigas por planta, em unidade; * significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Dunnet em comparação com a média dos pais.

Tabela 3. 9 - Heterose na geração F₁ e perda de vigor (Pv), em percentagem, de 31 combinações de trigo envolvendo 10 genitores, para caracteres agronômicos de interesse, do experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Populações	CE		ME		NGE	
	F ₁	Pv	F ₁	Pv	F ₁	Pv
Abalone x CD 104	10,10	9,89	18,30	33,11	3,19	20,87
Abalone x CD 120	3,19	2,32	3,19	15,88	6,31	20,90
Abalone x Cristalino	-3,20	-2,77	23,43	15,68	11,87	13,27
Abalone x Marfim	-1,98	1,99	16,27	30,64	1,24	16,26
Abalone x Nova Era	10,88	8,98	40,62*	31,92	23,25	20,02
Abalone x Ônix	7,46	9,12	32,50	27,91	17,48	21,94
Abalone x Raízes	11,73	3,11	29,01	19,60	17,91	17,02
Abalone x Safira	-1,43	-1,31	8,38	-0,42	6,04	-1,27
Abalone x Tibagi	-4,67	-0,28	5,56	12,63	-3,82	7,39
CD 104 x CD 120	10,74	10,06	13,57	36,22	4,91	26,58
CD 104 x Cristalino	-0,68	2,06	2,12	6,76	-7,19	10,49
CD 104 x Marfim	1,69	11,22	-8,61	13,89	-8,07	10,68
CD 104 x Nova Era	14,10	14,10	30,07	36,19	7,34	17,70
CD 104 x Raízes	16,16	9,46	35,96	42,86	16,48	29,50
CD 104 x Tibagi	-2,88	6,67	1,34	31,76	-8,02	24,80
CD 120 x Cristalino	2,39	-1,23	17,11	18,90	2,82	8,40
CD 120 x Marfim	-2,15	2,84	3,11	19,63	-0,53	11,64
CD 120 x Safira	4,56	4,68	16,27	26,32	12,94	15,50
Cristalino x Marfim	-8,82	-5,47	5,30	15,81	-2,43	10,17
Cristalino x Nova Era	-4,44	2,51	0,55	16,80	-8,98	0,33
Cristalino x Raízes	4,19	3,24	18,35	14,98	9,00	12,18
Cristalino x Safira	4,70	2,73	17,45	14,71	13,66	14,71
Cristalino x Tibagi	-6,45	3,32	1,62	16,52	-12,51	10,15
Marfim x Ônix	2,62	9,74	-7,02	13,51	-5,58	8,84
Marfim x Raízes	4,75	4,76	18,35	23,02	12,14	13,14
Marfim x Safira	0,76	5,01	11,21	15,60	5,49	11,24
Nova Era x Ônix	6,20	4,58	25,61	34,08	-0,11	7,79
Nova Era x Raízes	7,19	4,40	11,60	18,90	9,15	7,45
Ônix x Raízes	17,03	12,88	31,20*	30,86	18,74*	14,61
Raízes x Safira	13,51	8,71	16,37	13,19	15,68	7,39
Raízes x Tibagi	2,73	3,42	16,50*	20,07	8,50	14,61
Média (heterose e Pv)	3,87	4,86	13,11	21,53	4,94	13,69

CE = comprimento da espiga, em cm; ME = massa de espiga, em g; NGE = número de grãos por espiga, em unidade; * significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Dunnet em comparação com a média dos pais.

Tabela 3. 10 - Heterose na geração F_1 e perda de vigor (Pv), em percentagem, de 31 combinações de trigo envolvendo 10 genitores, para caracteres agrônômicos de interesse, do experimento conduzido no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPel, Pelotas-RS, 2013.

Populações	MGE		ICE		RGP	
	F_1	Pv	F_1	Pv	F_1	Pv
Abalone x CD 104	17,48	38,94	4,51	13,79	53,35	7,46
Abalone x CD 120	6,91	19,70	5,11	6,24	45,24	5,76
Abalone x Cristalino	30,14	19,96	7,92	6,42	49,76	2,28
Abalone x Marfim	12,19	33,35	-2,51	2,34	-9,88	-12,90
Abalone x Nova Era	47,55*	34,24	6,22	4,53	207,37 *	19,92
Abalone x Ônix	38,57	27,90	4,69	0,93	47,09	-27,80
Abalone x Raízes	33,45	22,40	4,45	3,86	93,22	7,25
Abalone x Safira	18,34	5,62	5,30	4,05	62,87	-13,65
Abalone x Tibagi	5,11	9,19	1,51	-2,03	-7,30	-64,31
CD 104 x CD 120	12,16	39,75	0,68	5,30	12,50	36,16
CD 104 x Cristalino	3,39	11,12	2,94	4,57	-13,66	-29,00
CD 104 x Marfim	-12,68	14,86	-0,53	5,08	-7,19	-15,64
CD 104 x Nova Era	31,26	38,98	4,18	6,72	50,78	3,45
CD 104 x Raízes	34,97	44,80	2,46	3,82	29,34	9,70
CD 104 x Tibagi	-1,73	33,14	1,60	5,10	6,30	9,01
CD 120 x Cristalino	21,19	23,77	4,53	7,27	-12,90	-31,55
CD 120 x Marfim	5,14	22,60	2,29	4,60	-16,45	-16,76
CD 120 x Safira	14,49	26,09	-3,21	-1,49	-3,33	-13,36
Cristalino x Marfim	5,63	16,26	2,38	1,56	-40,84	-72,51
Cristalino x Nova Era	-1,18	14,83	-5,03	-5,32	-16,23	-69,76
Cristalino x Raízes	22,94	17,64	5,75	3,19	42,06	4,47
Cristalino x Safira	22,72	17,33	5,62	5,24	8,71	-40,69
Cristalino x Tibagi	0,88	13,89	-0,60	-3,45	-30,79	-83,80
Marfim x Ônix	-9,03	10,05	-3,83	-7,18	21,08	9,80
Marfim x Raízes	17,32	25,66	0,11	4,22	3,44	-49,56
Marfim x Safira	13,80	17,43	3,81	2,02	68,45	5,10
Nova Era x Ônix	30,89	37,07	3,78	5,16	94,00	-0,76
Nova Era x Raízes	18,04	22,63	3,72	3,43	55,23	-34,88
Ônix x Raízes	32,91*	29,14	2,16	-1,53	60,14	-8,09
Raízes x Safira	17,63	12,42	0,75	-0,83	37,87	-51,29
Raízes x Tibagi	20,95*	21,57	5,64	4,92	-3,99	-97,93
Média (heterose e Pv)	14,64	23,30	2,46	2,98	28,59	-19,8

MGE = massa de grãos da espiga, em g; ICE = índice de colheita da espiga, adimensional; RGP = rendimento de grãos da espiga, em g; * significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Dunnet em comparação com a média dos pais.

A combinação entre Ônix x Raízes teve heterose significativa de 6,03%, diferindo estatisticamente quando comparada com os genitores, embora de pequena magnitude. Quanto à perda de vigor, o valor de -0,93%, pode ser atribuído a variações ambientais ou a um efeito compensatório da combinação de alelos favoráveis na F_2 (Tabela 3.8).

A combinação entre Abalone x Nova Era apresentou significativa heterose para NEP (108,01%), ME (40,62%) e MGE (47,55%) caracteres que participam da composição do rendimento. Além disso, o RGP apresentou valores de 207,37% para heterose e perda de vigor de 19,92%. Este cruzamento apresenta excelente capacidade específica de combinação, decorrente da complementariedade dos alelos presentes nos genitores (BIRCHLER et al., 2010). O caráter rendimento de grãos por planta apresentou grande variação nas estimativas de heterose, com valores desde -40,84% até 207,37% (Tabela 3.10). Resultados semelhantes foram encontrados por pesquisadores estudando 45 combinações obtidas a partir de 10 genitores de trigo em três distintos ambientes de cultivo, no qual observaram grande variação nos valores de heterose, desde -37,63% até 125,82% (SINGH; SHARMA; SAIN, 2004).

O avanço de geração da população proveniente do cruzamento entre Abalone e Nova Era, poderá proporcionar maior amplitude de fenótipos para caracteres como o RGP, por exemplo. Uma vez que, a heterose é resultado da complementariedade dos locos em heterozigose (sobredominância), de alelos dominantes (dominância) ou de interações epistáticas (interações entre os anteriores) resultando numa maior segregação fenotípica em F_2 .

Os valores significativos de heterose foram encontrados também nos seguintes cruzamentos: Ônix x Raízes (ME = 31,20%; NGE = 18,74% e MGE = 32,91%) e Raízes x Tibagi (ME = 16,50% e MGE = 20,95%). Esses resultados indicam a existência de capacidade específica de combinação dos genitores envolvidos, uma vez que somente nestes cruzamentos ocorreu manifestação da heterose. Apenas três das 31 combinações apresentaram valores significativos de heterose para alguns dos caracteres avaliados, sendo elas: Abalone x Nova Era, Ônix x Raízes e Raízes x Tibagi. Embora não tenham ocorrido valores significativos de heterose nas demais combinações, não se deve utilizar esse resultado como parâmetro para descarte das populações, pois podem ocorrer casos em que a

recombinação e segregação em distintas classes em F_2 proporcionem indivíduos desejáveis para a seleção (BERTAN et al., 2009).

O avanço das gerações leva a redução dos caracteres manifestados por efeitos gênicos de dominância, dominância parcial e sobredominância, permanecendo na população apenas os caracteres de efeito aditivo (ALLARD, 1971). Desta forma, é importante conhecer a herdabilidade dos caracteres, visando identificar o seu comportamento, bem como auxiliar na forma realizar a seleção. A herdabilidade estima quanto da variação fenotípica observada é de natureza genética e quanto é de natureza ambiental, podendo estimar o que realmente será passada para as próximas gerações. Essa propriedade é dependente da frequência gênica, a qual é varia de uma população para outra, e das condições ambientais de cultivo ou manejo (FALCONER; MACKAY, 1996).

Considerando as condições de cultivo do campo experimental localizado no Capão do Leão – RS, na safra agrícola de 2012, foi realizada a estimativa da herdabilidade para os caracteres em estudo neste trabalho, conforme apresentado na Tabela 3.11. De forma geral é possível observar que os maiores valores de herdabilidade se encontraram entre as progênies, sugerindo que a seleção para esses caracteres será mais eficiente se for realizada entre as famílias do que dentro da família, dentro do bloco, ou até mesmo a seleção individual de plantas.

Tabela 3. 11 - Estimativas da herdabilidade entre família (h^2_{entre}), dentro da família (h^2_{dentro}), dentro do bloco ($h^2_{\text{dentro_bloco}}$) e do indivíduo ($h^2_{\text{indivíduo}}$), em porcentagem, considerando os caracteres agrônômicos avaliados na geração F_2 de cruzamentos realizados com 10 cultivares de trigo cultivadas no Capão do Leão, na safra agrícola de 2012. FAEM/UFPEL, Pelotas, 2013.

Caráter	h^2_{entre}	h^2_{dentro}	$h^2_{\text{dentro_bloco}}$	$h^2_{\text{indivíduo}}$
Estatura de planta (cm)	70,01	14,90	23,36	16,42
Mancha da folha (%)	41,35	36,83	25,61	22,39
Número de espigas por planta (unidade)	43,93	4,31	7,50	7,45
Comprimento da espiga (cm)	-26,34	-2,04	-3,37	-3,30
Massa da espiga (g)	60,05	8,80	14,61	10,62
Número de grãos por espiga (unidade)	39,89	3,38	6,00	5,35
Massa de grãos de espiga (g)	56,80	7,33	12,40	2,57
Índice de colheita de espiga (adimensional)	38,43	2,53	4,64	4,38
Rendimento de grãos por planta (g)	41,65	3,85	6,75	5,84

A estatura de planta apresentou valores de herdabilidade entre progênie de 70%, demonstrando que este caráter é pouco influenciado pelo ambiente de cultivo, sugerido que a seleção pode ser realizada nas primeiras gerações segregantes com maior eficiência de seleção entre progênie. Os caracteres número de grãos por espiga (39,89%), mancha da folha (41,35%), índice de colheita de espiga (38,43%) e rendimento de grãos por planta (41,65%) apresentaram baixos valores de herdabilidade, demonstrando a grande interferência do ambiente nestes caracteres. Desta forma, a seleção deverá ser efetuada em gerações mais avançadas, visando garantir a sua eficiência.

Valores negativos de herdabilidade podem ser devido a influencia do ambiente sobre a característica, uma vez que a variância genética é obtida pela diferença entre a variância fenotípica e ambiental. Alguns autores indicam que a variância genética nesses casos é nula ou de pequena magnitude, podendo ser considerada igual à zero (ROBINSON; COMSTOCK; HARVEY, 1955; COOPER et al., 2013). No presente estudo, os valores negativos foram encontrados para o caráter comprimento de espiga, sugerindo que o tamanho da unidade experimental ou o número de repetições para este caráter necessitam ser maior. Resultados de herdabilidade negativa foram observados por alguns pesquisadores em diversas culturas como soja (AZEVEDO FILHO; VELLO; GOMES, 1998), tomate (PEREIRA; LEAL; PEREIRA, 2000), feijão (COELHO et al., 2002), e trigo (COOPER et al., 2013).

Os caracteres em estudo apresentaram valores reduzidos de herdabilidade para todas as formas de seleção, sendo que se forem selecionadas plantas dentro da progênie, dentro do bloco ou o individuo a seleção não será eficiente, uma vez que é muito reduzida a herdabilidade. Assim, é indicado o avanço de geração para que os caracteres estejam fixados na população e seja realizada uma seleção promissora.

3.4 Conclusão

O cruzamento entre Ônix x Raízes é considerado promissor, pois apresenta heterose para os caracteres ME, NGE e MGE, importantes caracteres que compõem o rendimento de grãos.

O cruzamento entre Abalone x Nova Era é promissor para NEP, ME, MGE e RGP, sendo importante o avanço de geração dessa população.

A seleção para os caracteres agronômicos foco deste trabalho deve ser realizada entre as progênies, visando maior eficiência na seleção.

Entre os caracteres avaliados, a herdabilidade mais alta é para o caráter EST.

3.5 Referências bibliográficas

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Tradução de A. BLUMENSCHIN, E. PATERNIANI, J.T.A. GURGEL e R. VENCOSKY. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1971. 381p.

AZEVEDO FILHO, J.A.; VELLO, N.A.; GOMES, R.L.F. Estimativas de parâmetros genéticos de populações de soja em solos contrastantes na saturação de alumínio. **Bragantia**, v.57, n.2, p.227-239, 1998.

BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; FONSECA, D.R.; SILVEIRA, G. Efeito da heterose e endogamia em caracteres de importância agrônômica em trigo. **Revista Ceres**, v.56, n.6, p.753-763, 2009.

BIRCHLER, J.A.; YAO, H.; CHUDALAYANDI, S.; VAIMAN, D.; VEITIA, R.A. Heterosis. **The Plant Cell**, v.22, n.7, p.2105-2112, 2010.

BRUCE, A.B. The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. **Science**, v.32, n.827, p.627-628, 1910.

CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas-RS: Editora e Gráfica Universitária, 2001. 99p.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, S.A. **Condução de populações no melhoramento genético de plantas**. Pelotas-RS: Editora Universitária, 2008. 271p.

COELHO, A.D.F.; CARDOSO, A.A.; CRUZ, C.D.; ARAÚJO, G.A.A.; FURTADO, M.R.; AMARAL, C.L.F. Herdabilidades e correlações da produção do feijão e dos seus componentes primários, na época de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.211-216, 2002.

COOPER, J.K.; IBRAHIM, A.M.H.; RUDD, J.; HAYS, D.; MALLA, S.; BAKER, J. Increasing hard winter wheat yield potential via synthetic hexaploid wheat: II. Heritability and combining ability of yield and its components. **Crop Science**, v.53, n.1, p.67-73, 2013.

CRESTANI, Maraisa. **Dinâmica de caracteres componentes da produção e da qualidade química e industrial de grãos em aveia branca: interação genótipo vs. ambiente e capacidade combinatória**. 2011. 201f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CROW, J.F. Alternative hypotheses of hybrid vigor. **Genetics**, v.33, n.5, p.477-487, 1948.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. vol.1, Editora Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. 480p.

EAST, E.M. Inbreeding in corn. **Report Connecticut Agricultural Experiment Station**, p.419-428, 1908.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. Harlow: Longmans, 1996. 464p.

HULL, F.H. Overdominance and corn breeding where hybrid seed is not feasible. **Journal American Society of Agronomy**, v.38, n.12, p.1100-1103, 1946.

JOSHI, S.K.; SHARMA, S.N.; SINGHANIA, D.L.; SAIN, R.S. Combining ability in the F_1 and F_2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). **Hereditas**, v.141, n.12, p.115-121, 2004.

PEREIRA, N.E.; LEAL, N.R.; PEREIRA, M.G. Controle genético da concentração de 2-tridecanona e de 2-undecanona em cruzamentos interespecíficos de tomateiro. **Bragantia**, v.59, n.2, p.165-172, 2000.

POWERS, L. An expansion of Jone's theory for the explanation of heterosis. **American Naturalist**, v.78, n.776, p.275-280, 1994.

PURDY, L.H.; LOEGERING, W.Q.; KONZAK, C.F.; PETERSON, C.J.; ALLAN, R.E. A proposed standard method for illustrating pedigrees of small grain varieties. **Crop Science**, Madison, v.4, n.8, p.405-406, 1968.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – IV RCBPTT. **Informações técnicas para a safra 2011: trigo e triticale**. Cascavel-PR, Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, 2010, 169p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – VI RCBPTT. **Informações técnicas para a safra 2013: trigo e triticale**. Londrina-PR, Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, 2013, 220p.

ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E.; HARVEY, P.H. Genetic variances in open pollinated varieties of corn. **Genetics**, v.40, n.1, p.45-60, 1955.

SAS LEARNING EDITION. **SAS Program - Getting started with the SAS Learning Edition**. North Carolina: Cary SAS Publishing, 2002. 200p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileira de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SINGH, H.; SHARMA, S.N.; SAIN, R.S. Heterosis studies for yields and its components in bread wheat over environments. **Hereditas**, v.141, n.2, p.106-114, 2004.

SHULL, G.H. The composition of a field of maize. **American Breeding Association Reporter**, v.4, p.296-301, 1908.

WILHELM, E.P.; HOWELLS, R.M.; AL-KAFF, N.; JIA, J. BAKER, C.; LEVERINGTON-WAITE, M.; GRIFFITHS, S.; GREENLAND, A.J.; BOULTON, M.I.; POWELL, W. Genetic characterization and mapping of the *Rht-1* homoeologs and flanking sequences in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, v.126, n.5, p.1321-1336, 2013.

Conclusões gerais

As cultivares apresentaram comportamento similar, não diferindo estatisticamente, para os caracteres estatura de planta (EST), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), índice de colheita de espiga (ICE) e rendimento de grãos por planta (RGP). Para o caráter comprimento da espiga (CE) houve a formação de dois grupos, sendo que no melhor grupo ficaram as cultivares CD 104, Marfim, Nova Era, Ônix, Safira e Tibagi. As cultivares CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era e Raízes apresentaram comportamento superior para massa de espiga (ME). Caracteres como NEP, NGE e MGE estão diretamente relacionados com o rendimento de grãos, neste trabalho, as cultivares apresentaram comportamento similar para NEP e NGE, mas para MGE as cultivares CD 104, Cristalino, Marfim, Nova Era e Raízes, sendo portanto mais indicadas para utilização em blocos de cruzamentos que visem o aumento destes três caracteres. A análise do dendrograma permitiu a separação das cultivares em sete grupos, sendo eles: grupo I formado por Abalone; grupo II por Tibagi; grupo III por Ônix e Safira; grupo IV por CD 120; grupo V com as cultivares CD 104 e Nova Era, grupo VI por Cristalino e Raízes; e grupo VII formado por Marfim. Considerando o desempenho das cultivares e o agrupamento no dendrograma, as cultivares CD 104, Marfim e Tibagi podem ser indicadas para utilização em blocos de cruzamentos, visando incrementar os caracteres em estudo neste trabalho. As populações estudadas (pais, F_1 e F_2) apresentaram comportamento diferencial para todos os caracteres, evidenciando a variabilidade presente. A presença da cultivar Nova Era contribuiu para elevar os valores médios em relação à população F_1 ou F_2 , os híbridos apresentaram a média mais um desvio padrão para EST, NEP, CE, ME, NGE, MGE e RGP caracteres agrônômicos importantes, indicando boa capacidade geral de combinação. Por outro lado, a cultivar Abalone reduziu a média dos caracteres CE, ME, NGE, MGE, ICE e RGP quando presente, não contribuindo com genes favoráveis para os caracteres estudados. O cruzamento entre CD 104 e Raízes foi superior apenas na geração F_1 para EST e CE, evidenciando a complementariedade dos locos provenientes dos pais, sendo a redução observada em F_2 efeito da variância genética devido à

dominância. Superioridade apenas na geração F_2 foi observada nos cruzamentos entre Cristalino e Safira (EST) e CD 104 e Raízes (RGP), indicando que ocorreu recombinação dos locos existentes em F_1 . Algumas populações foram observadas comportamento similar entre F_1 e F_2 , não ocorrendo redução das médias com o avanço da geração, sendo o caso de Abalone x Cristalino (RGP) e Nova Era x Ônix (RGP), indicando reduzida perda de vigor pela endogamia provavelmente decorrente do efeito aditivo dos genes envolvidos. Comportamento inferior tanto em F_1 quanto em F_2 foi observado na combinação entre Abalone e CD 120 (ME), podendo ser atribuída a reduzida capacidade de combinação entre os genitores. Das 31 populações obtidas no dialelo, 15 foram superiores aos pais na geração F_1 . A avaliação da heterose das populações evidenciou que apenas três combinações (Abalone x Nova Era, Ônix x Raízes e Raízes x Tibagi) foram superiores aos pais. A herdabilidade dos caracteres estudados evidenciou que a seleção será mais eficiente se realizada entre as progênies. O caráter estatura de planta apresentou valor de herdabilidade de 70%, indicando que este caráter pode ser selecionado nas gerações iniciais. Os caracteres NGP, NGE, MGE e RGP apresentaram valores reduzidos de herdabilidade, portanto a seleção deverá ser realizada em gerações mais avançadas.

Referências bibliográficas

(Introdução geral)

BRUM, A.L.; MÜLLER, P.K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46, n.1, p. 145-169, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_graos_janeiro_2013.pdf> Acesso em: 24 mar 2013.

DUBCOVSKY, J.; DVORAK, J. Genome plasticity a key factor in the success of polyploidy wheat under domestication. **American Association for the Advancement of Science**, v.316, n.5833, p.1862-1866, 2007.

FAO – Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>> Acesso em: 12 mar. 2013.

LUO, M.C.; YANG, Z.L.; YOU, F.M.; KAWAHARA, T.; WAINES, J.G.; DVORAK., J. The structure of wild and domesticated emmer wheat populations, gene flow between them, and the site of emmer domestication. **Theoretical Applied and Genetics**, v.114, n.6, p.947-959, 2007.

RAMALHO, M.A.P.; LAMBERT, E.S. Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.2, p.228-249, 2004.

SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; BENIN,G.; VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, M.F.; FINATTO, T.; BUSATO, C.C.; RIBEIRO, G. Correlação de acamamento com rendimento de grãos e outros caracteres de interesse agrônomo em plantas de trigo. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.756-764, 2006.

USDA – United States Departamento of Agriculture: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>> Acesso em: 12 mar. 2013.

Vitae

Elisane Weber Tessmann nasceu em 01 de janeiro de 1987, filha de Wilson Tessmann e Isolda Weber Tessmann, natural de Pelotas, Rio Grande do Sul. Cursou ensino fundamental em escola pública e o ensino médio em escola técnica, formando-se em Técnica em Agroindústria em 2005, tendo realizado estágio final na Embrapa Clima Temperado, localizado em Pelotas, Rio Grande do Sul, na área de Pós Colheita. Em agosto de 2006 ingressou na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPel), e em janeiro de 2008 iniciou estágio no Centro de Genômica e Fitomelhoramento. Em agosto de 2009 tornou-se bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) até janeiro de 2011, sob orientação do professor Dr. Antonio Costa de Oliveira. Em fevereiro de 2011, realizou estágio final na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza - Ceará, com Melhoramento Vegetal de Caju, onde permaneceu até junho do mesmo ano. Obteve o título de Engenheiro Agrônomo em setembro de 2011, em julho do mesmo ano foi selecionada em primeiro lugar para ingressar no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitomelhoramento. Até o presente momento, publicou na qualidade de autor e co-autor 66 resumos e 4 artigos científicos em periódicos na área de melhoramento genético de plantas, sendo premiada em 2013, na XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, com o Prêmio Jovem Pesquisador Fernando Irajá Felix de Carvalho, na categoria de pôster.