

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Dissertação

**IMPLICAÇÕES DAS ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO NA OBTENÇÃO DE
GENÓTIPOS SUPERIORES DE AVEIA BRANCA**

Cezar Augusto Verdi

Pelotas, 2016

Cezar Augusto Verdi

**Implicações das estratégias de seleção na obtenção de genótipos superiores
de aveia branca**

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

Coorientador: Luciano Carlos da Maia, Dr. – FAEM/UFPeI

Coorientador: José Antonio Gonzalez da Silva, Dr. – UNIJUÍ

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

V111i Verdi, Cezar Augusto

Implicações das estratégias de seleção na obtenção de genótipos superiores de aveia branca / Cezar Augusto Verdi ; Antonio Costa de Oliveira, orientador ; Luciano Carlos da Maia, José Antonio Gonzalez da Silva, coorientadores. — Pelotas, 2016.

89 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Avena sativa L.. 2. Ambiente de seleção. 3. Massa da panícula. 4. Índice de grãos. 5. Aptidão industrial. I. Oliveira, Antonio Costa de, orient. II. Maia, Luciano Carlos da, coorient. III. Silva, José Antonio Gonzalez da, coorient. IV. Título.

CDD : 633.13

Banca Examinadora:

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

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

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

Maicon Nardino, Dr. – Pós-Doutorado – IFM/UFPeI

Dedico

A minha família, pelo amor, apoio e incentivos fornecidos.

“Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir” (Steve Jobs)

“Viva como se fosse morrer amanhã. Aprenda como se fosse viver para sempre” (Mahatma Gandhi)

*“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”
(Isaac Newton)*

Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, Derli e Neusa, não apenas por terem me concebido a vida, mas também pelos ensinamentos, educação e bons costumes. Agradeço também por todos incentivos e esforços financeiros durante toda minha trajetória acadêmica, sem vocês eu jamais teria conseguido.

A minha irmã, Pricieli e seu esposo Cesar pelo carinho, amizade e incentivos.

Aos professores Antônio Costa de Oliveira e Luciano Carlos da Maia, quero agradecer pela amizade e confiança, pelo compartilhamento de seus conhecimentos em forma de ensinamento, pelo tempo dedicado para esclarecer dúvidas, pela compreensão e por todas as oportunidades.

Aos amigos que aqui formei, principalmente ao Ivan, Viane, Eduardo, Taiane, Liamara, Raíssa e Tatiane os quais sempre se dispuseram a auxiliar em todas as atividades. As minhas antigas colegas de sala, Fabiane e Monalze, pelos carinhos e amizade. Ao colega Henrique, que iniciou este trabalho.

A professora Dr^a Fabiane Muhl, a qual nunca mediu esforços para me auxiliar a seguir o caminho do melhoramento genético vegetal. Ao Msc. Anderson Verzegnazzi, o qual foi além de amigo, um grande conselheiro e incentivador para que eu seguisse na pós-graduação.

Ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento, que passou a fazer parte da minha vida desde o ano de 2014, e que possibilitou a realização deste trabalho. As verdadeiras amizades que aqui construí, pelos momentos de alegria, confraternizações, rodas de chimarrão e muito trabalho, contribuindo de forma valiosa para minha formação pessoal e profissional.

A Universidade Federal de Pelotas e a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela oportunidade de realização da pós-graduação. Ao CNPq por conceder a bolsa de mestrado.

Obrigado a todos os demais, mesmo sem citar nomes, mas que sabem da contribuição que forneceram para que este trabalho pudesse ser realizado e concluído, o qual é de enorme importância na minha vida.

A todos estes os meus mais sinceros agradecimentos.

Resumo

VERDI, Cezar A. **Implicações das estratégias de seleção na obtenção de genótipos superiores de aveia branca**. 2016. 89f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2016.

Aveia branca é uma cultura de particular importância para a os sistemas de cultivos brasileiros, com maior importância econômica na Região Sul. Entre os múltiplos propósitos, destaca-se na produção de grãos de excelente qualidade para a alimentação humana. Constantes trabalhos de melhoramento genético e pesquisas fitotécnicas, tem possibilitado o crescimento da importância desse cereal. Os maiores desafios para o melhoramento são o desenvolvimento de cultivares com ampla adaptação, que respondam eficientemente em diferentes ambientes. A seleção de genótipos promissores encontra dificuldades pela origem dita complexa da maioria dos caracteres de interesse agrônomo e sua interação com o ambiente de seleção. Com isso, algumas estratégias diferenciadas devem ser analisadas visando melhorar o ganho na seleção de genótipos superiores para diversos caracteres, bem como, a seleção de genótipos com adaptação aos mais variados ambientes. Este estudo propõe analisar estratégias de seleção aplicadas em geração inicial e a influência promovida por diferentes ambientes de seleção, na obtenção de genótipos com destaque no rendimento de grãos e qualidade industrial. Foram utilizadas seis combinações que sofreram seleção inicial (F_2) quanto ao rendimento de grãos por planta, índice de grãos maior que dois milímetros e massa da panícula. Formou-se 24 *bulks*, os quais foram conduzidos durante três anos em Capão do Leão – RS e Augusto Pestana – RS. Posteriormente na geração F_7 todos os *bulks* foram conduzidos em Capão do Leão – RS, totalizando assim 48 *bulks*, além dos genitores e testemunhas comerciais. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições. As seleções via massa da panícula principal e rendimento de grãos por planta são eficientes, mas devem combinar o índice de grãos, para elevar a qualidade industrial. Genótipos complementares são mais eficientes na obtenção de recombinantes superiores independentemente do ambiente de seleção. Os caracteres massa da panícula e massa do hectolitro são promissores para a seleção

inicial, porém, devem ser aliados ao índice de grãos, índice de descasque e número de grãos por panícula para melhorar a aptidão industrial.

Palavras-chave: *Avena sativa* L., ambiente de seleção, massa da panícula, índice de grãos, aptidão industrial.

Abstract

VERDI, Cezar A. **Implications of selection strategies on achieving superior genotypes of oat.** 2016. 89f. Dissertation (Master of Science) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2016.

Oat is a culture of particular importance to the Brazilian farming systems, with greater economic importance in the southern region. Among the multiple purposes, stands out in the production of excellent quality grain for human consumption. Constants works of breeding and phytotechnical research has enabled the growth of the importance of this cereal. The greatest challenges are to improve the development of cultivars with wide adaptation, which efficiently respond in different environments. The selection of promising genotypes is difficult by the complex said source of most agronomically important traits and their interaction with the selection environment. With this, some different strategies should be analyzed to improve the gain in the selection of superior genotypes for various characters, as well as the selection of genotypes with adaptation to the most varied environments. This study proposes to analyze selection strategies applied in early generation and the influence promoted by different selection environments in obtaining genotypes with emphasis on grain yield and industrial quality. Six combinations were used that have undergone initial selection (F_2) and grain yield per plant, grain index greater than two millimeters and panicle weight. Formed 24 bulks, which were conducted for three years in Capão do Leão - RS and Augusto Pestana - RS. Later in the generation F_7 all bulks were conducted in Capão do Leão - RS, totaling 48 bulks, in addition to parents and commercial checks. The experimental design was a randomized block design with three replications. The selections via panicle weight and grain yield per plant are efficient, but must match the grain index, to raise industrial quality. Complementary genotypes are more effective in achieving superior recombinant regardless of selection environment. The mass character of panicle and mass of hectoliter are promising for the initial selection, however, must be coupled with the grain index, peel index and number of grains per panicle to improve industrial capability.

Keywords: *Avena sativa* L., selection environment, panicle weight, grain index, industrial aptitude.

Lista de Figuras

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS E AMBIENTES DE SELEÇÃO NA OBTENÇÃO DE FAMÍLIAS SUPERIORES DE AVEIA BRANCA

Figura 2.1 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter massa da panícula (MPAN, g), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas..... 41

Figura 2.2 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter índice de grãos (IG, g g⁻¹), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas..... 45

Figura 2.3 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter rendimento de grãos (RG, kg ha⁻¹), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas..... 47

Figura 2.4 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter rendimento industrial (RI, kg ha⁻¹), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas.....50

Lista de Tabelas

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS E AMBIENTES DE SELEÇÃO NA OBTENÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE AVEIA BRANCA

- Tabela 2.1** Análise da variância individual para seis combinações de aveia branca selecionadas de forma natural em dois locais através de quatro estratégias de seleção, conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.....37
- Tabela 2.2** Desempenho de duas combinações de aveia branca levando em consideração o local e as estratégias de seleção para quatro caracteres, em bulks conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.....38
- Tabela 2.3** - Análise estatística descritiva para os caracteres agrônômicos de aveia branca relacionados com o rendimento industrial de grãos de populações F₇, oriundas dos cruzamentos entre as cultivares Albasul, UPFA 22, URS Guapa e IAC 7. Pelotas - RS, 2016.....42
- Tabela 2.4** Análise da variância conjunta para 48 *bulks* de aveia branca selecionadas de forma natural em dois locais através de quatro estratégias de seleção, e os genitores e testemunhas comerciais, conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.....52
- Tabela 2.5** - Análise conjunta de agrupamento de médias para os caracteres de interesse agrônômico relacionados com o rendimento de grãos e rendimento industrial de grãos de aveia branca em *bulks* F₇ e genótipos conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.....52

CAPÍTULO 3 - CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS ASSOCIADOS AO RENDIMENTO INDUSTRIAL DA AVEIA BRANCA

Tabela 3.1 - Coeficientes de correlações fenotípicas (r_p) e genotípicas (r_g) para 13 caracteres de interesse agrônomo em 54 *bulks* de aveia branca. Pelotas, RS - 2016.....70

Tabela 3.2 - Estimativas das correlações e pares canônicos entre caracteres morfológicos (Grupo I) e dos componentes da produção de grãos (Grupo II) em 54 *bulks* de aveia branca. Pelotas, RS - 2016.....76

Tabela 3.3 - Estimativas das correlações e pares canônicos entre caracteres rendimento industrial (Grupo I) e caracteres da qualidade de grãos da aveia branca (Grupo II) em 54 *bulks* de aveia branca. Pelotas, RS - 2016.....79

Sumário

Resumo.....	8
Abstract.....	10
Lista de Figuras.....	11
Lista de Tabelas.....	12
Introdução geral.....	15
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
1.1 A aveia branca.....	18
1.2 Classificação botânica.....	19
1.3 Produção da aveia branca.....	20
1.4 Melhoramento genético da aveia branca.....	21
1.4.1 Seleção indireta.....	22
1.4.2 Correlações lineares e correlações canônicas.....	24
1.4.3 Condução de <i>bulks</i> em ambientes distintos.....	25
1.5 Referências.....	27
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS E AMBIENTES DE SELEÇÃO NA OBTENÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE AVEIA BRANCA.....	31
2.1 Introdução.....	33
2.2 Material e métodos.....	34
2.3 Resultados e discussão.....	36
2.4 Conclusões.....	58
2.5 Referências bibliográficas.....	58
CAPÍTULO 3 – CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS ASSOCIADOS AO RENDIMENTO INDUSTRIAL DA AVEIA BRANCA.....	62
3.1 Introdução.....	64
3.2 Material e métodos.....	65

3.3 Resultados e discussão.....	68
3.4 Conclusões.....	80
3.5 Referências bibliográficas	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução Geral)	86
Vitae	88

Introdução geral

A cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) vem demonstrando expansão na agricultura brasileira, principalmente pela elevada demanda de produtos à base desse cereal. Parte deste crescimento se deve a programas de melhoramento genético, que possibilitaram ao longo das últimas quatro décadas, o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao sistema de cultivo nacional, bem como, ofereceram aos agricultores genótipos elite de elevada performance produtiva (Hawerth et al., 2014).

A aveia branca foi o quinto cereal em área cultivada na safra de 2014/2015, quando foram semeados 190 mil hectares. A produção ficou em 351 mil toneladas e a produtividade em 1853 kg ha⁻¹ (Conab, 2016). Os rendimentos obtidos estão abaixo do potencial genético da cultura, pois é possível, obter produtividades de 6800 kg ha⁻¹ (Antonow, 2013), ou ainda 8500 kg ha⁻¹ (Griffiths, 2010). Desta forma, o trabalho com essa cultura poderá resultar em ganhos expressivos de produtividade no decorrer das próximas safras agrícolas no Brasil.

É uma das principais culturas de inverno adotada em diversas regiões produtoras do Brasil. A diversificação dos cultivos, fez com que a aveia aumentasse sua participação nas lavouras de inverno, como cobertura verde/morta de solo, forragem verde, feno, silagem e produção de grãos, antecedendo a implantação de culturas de verão (Federizzi et al., 2014).

Os grãos da aveia branca apresentam elevada qualidade nutricional, sendo este o seu principal diferencial (Sterna et al., 2016). Estes são aplicados nos mais diversos produtos, como farinha, flocos, cereais matinais, mingaus, barras de cereais e biscoitos (Barbieri et al., 2008).

Os principais caracteres almejados no melhoramento são o rendimento de grãos e o rendimento industrial, pois, para a aveia branca, um genótipo produtivo não é sinônimo de boa aceitação pela indústria, necessitando também aptidão industrial (Luche, 2014). A obtenção de genótipos que unem essas características não é tarefa simples, principalmente devido a estes serem caracteres quantitativos e de baixa herdabilidade, dificultando os ganhos pela seleção direta (Hawerth et al., 2015).

Estratégias que possam melhorar a eficiência na seleção de genótipos superiores tem sido amplamente estudadas. A seleção indireta por meio de caracteres correlacionados geneticamente e com elevada herdabilidade, é uma alternativa viável

para melhorar a eficiência dos programas de melhoramento, com a possibilidade de uso nas gerações iniciais (Caierão et al., 2006; Valério et al., 2013).

A seleção em distintos ambientes também foi analisada, visando a obtenção de genótipos com adaptabilidade ampla e estabilidade fenotípica (Luche, 2014). O ambiente é um fator importante na seleção, principalmente quando é baseada unicamente na seleção natural, apresentando assim, influência de efeitos modificadores que levam a segregações distintas, diferenças no valor adaptativo e capacidade competitiva do genótipo (Falconer, 1964; Allard, 1971).

Analisando a necessidade de ampliar o conhecimento a respeito da influência das estratégias de seleção no desempenho agrônomo da aveia branca, o presente trabalho teve por objetivo: 1) verificar a influência de diferentes estratégias de seleção na obtenção de genótipos transgressivos para o rendimento de grãos e aptidão industrial; 2) identificar diferenças agrônomicas nas populações resultantes da condução em distintos ambientes; 3) indicar estratégias que possam ser utilizadas para melhorar o desempenho de futuras seleções em aveia branca quanto ao rendimento de grãos e aptidão industrial.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 A aveia branca

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma cultura de clima temperado, originária provavelmente da Ásia Menor ou do Norte da África, inicialmente encontrada como invasora em cultivos de trigo e cevada, que eram os cereais de maior importância naquele período (Allard, 1971). Graças ao seu amplo potencial de adaptação geográfica, tem sido cultivada em diferentes partes do mundo (Coffman, 1961). No Brasil é uma das principais gramíneas de inverno cultivadas, se destacando na rotação de culturas, alternando seu cultivo com o trigo, cevada e a canola. É uma cultura que demonstra aptidões variadas, como produção de grãos, forragem, feno e fornecedora de palha para o plantio direto (Federizzi et al., 2014; De Mori et al., 2012). A vantagem da *A. sativa* sobre as demais espécies, é a retenção dos grãos na panícula no período de maturação e a ausência de dormência, caracteres de extrema importância para a domesticação e perpetuação da cultura (Leggett & Thomas, 1995; Federizzi et al., 2005).

Quando comparada a outras culturas de inverno, como trigo e cevada, a aveia é uma espécie pouco exigente quanto às condições de cultivo, necessitando menos nutrientes, tolerante à maior amplitude de pH, tolerante a patógenos e apresenta pronunciado desenvolvimento radicular (Suttie & Reynolds, 2004; Rasane et al., 2013).

Essa cultura é uma excelente alternativa para o sistema de plantio direto, devido a elevada relação carbono/nitrogênio (C:N) da palha, o que promove uma decomposição lenta, permitindo assim, que o solo fique coberto por um maior período de tempo. A inclusão desta espécie nos sistemas de produção, propicia melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Antonow, 2013).

Entre os múltiplos propósitos que a aveia branca é indicada, o papel como produtora de grãos de elevada qualidade nutricional, vem tomando destaque ao longo dos últimos anos. Em virtude de seus constituintes químicos, é recomendado o consumo diário por várias agências reguladoras de saúde do mundo. O principal diferencial dos seus grãos em relação aos demais cereais, é a elevada qualidade proteica, conteúdo lipídico com predominância de ácidos graxos insaturados, componentes com propriedades antioxidantes, além de adequado conteúdo de carboidratos, com alta proporção de fibras alimentares, entre as quais se destacam

as β -glucanas, principalmente pela redução do colesterol e dos níveis glicêmicos no sangue (Crestani et al., 2010; Silveira, 2015; Sterna et al., 2015).

Na alimentação humana a aveia branca é utilizada na produção de produtos alimentícios infantis, flocos e farinhas, cereais matinais (quentes ou frios), granolas, barras de cereais, produtos forneados ou assados (pães, biscoito, bolos), componente aditivo para engrossar sopas, molhos e para aumentar o volume de produtos cárneos (Federizzi et al., 2014; De Mori et al., 2012).

1.2 Classificação botânica

O gênero *Avena* constitui-se de plantas anuais, de autofecundação, onde a antese ocorre antes do florescimento (Barbieri, 2008). Pertence a tribo Aveneae da família Poaceae, na qual foram catalogadas 30 espécies distintas pertencentes ao gênero *Avena*, com destaque maior a espécie *Avena sativa* L., aveia branca cultivada comercialmente. Ocorrem naturalmente três níveis de ploidia, com número básico de cromossomos igual a $n = 7$, sendo que as espécies diploides apresentam número de cromossomos $2n = 2x = 14$, tetraploides demonstram $2n = 4x = 28$ e hexaploides $2n = 6x = 42$ (Leggett & Thomas, 1995). No grupo hexaploide, o complexo *A. sativa* – *byzantina* é o mais importante economicamente entre todas as espécies cultivadas, porém, devido ao elevado número de hibridações realizadas, não é possível distingui-las, passando a serem consideradas como *Avena sativa* L. (Federizzi et al., 2014).

A aveia hexaploide surgiu de forma natural, a qual ocorreu em duas situações distintas. Primeiramente, com o cruzamento entre duas espécies diploides, formando um híbrido, que seguido pela duplicação do número de cromossomos, originou uma espécie tetraploide (AACC provavelmente). No segundo momento, ocorreu novo cruzamento natural entre esta espécie e outra diploide, formando novamente um híbrido, seguido de duplicação cromossômica, formou as espécies que possuem o genoma AACCCDD. Até o presente momento a origem do genoma DD é indefinida, pois não se conhece nenhuma espécie com este genoma (Federizzi et al., 2005). A *A. sativa* é classificada assim como alopoliploide natural, e que apresenta meiose regular, semelhante a indivíduos diploides (Holden, 1979).

1.3 Produção da aveia branca

A aveia é o sétimo cereal na escala de produção mundial, sendo a Rússia o maior produtor no ano de 2015, seguida pelo Canadá e pela Austrália, com cerca de 5,27, 2,98 e 1,09 milhões de toneladas, respectivamente. Neste mesmo ano o Brasil foi o 10º país em produção, no *ranking* mundial e o terceiro maior produtor na América do Sul (USDA, 2016).

No Brasil a aveia é o quinto cereal em volume de produção (IBGE, 2016). O cultivo nacional de aveia na safra agrícola de 2014, ocupou cerca de 153,7 mil hectares, já na safra agrícola seguinte foram cultivados cerca de 189,5 mil hectares, o que representa uma expansão de 18,89 %. A produção em 2014 foi de 307,4 mil toneladas e no ano seguinte 351,2 mil toneladas, o que representa um acréscimo de 12,47 %. Em relação ao rendimento médio de grãos, foi registrada redução principalmente pelos fatores climáticos adversos da última safra (2015), passando de 2000 kg ha⁻¹ na safra agrícola de 2014 para 1853 kg ha⁻¹ (-7,35 %) (Conab, 2016).

Os principais estados produtores se concentram na região Sul, principalmente pelas condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Somente no Sul do país na safra agrícola de 2015 foram semeados 176,5 mil hectares, alcançando uma produção de 331,7 mil toneladas, o que representa 94,45 % do total produzido nacionalmente. O maior produtor na última safra foi o estado do Rio Grande do Sul (RS), com uma área cultivada de 118,4 mil hectares e produção de 217,9 mil toneladas, apresentando média de 1840 kg ha⁻¹. O estado do Paraná (PR) é o segundo maior produtor, com uma área cultivada de 58,1 mil hectares, produção de 113,8 mil toneladas, e média de 1959 kg ha⁻¹ (Conab, 2016).

O melhoramento genético contribuiu de forma indiscutível para a elevação dos níveis produtivos da aveia branca, tornando o país autossuficiente (Barbieri, 2008). O constante trabalho de programas de melhoramento genético, baseado na seleção em caracteres de interesse agrônomo, priorizando a produtividade de grãos, proporcionou considerável progresso genético (Peterson et al., 2005; Martinez et al., 2010).

1.4 Melhoramento genético da aveia branca

Relevante progresso genético foi obtido desde o início dos trabalhos com a aveia branca no Brasil, o qual passou de introdução de cultivares desenvolvidas em outros países, para como os Estados Unidos da América e a Argentina, a intensos trabalhos de hibridação e seleção de genótipos em diversos programas de melhoramento no país (Federizzi et al., 2005). Na década de 70 a média mundial para o rendimento de grãos era de 1646 kg ha⁻¹, já no ano de 2015, esta média atingiu 2330 kg ha⁻¹, uma elevação de 29,36% (USDA, 2016). Considerando o mesmo período, no Brasil a produtividade aumentou de 945 kg ha⁻¹ para 1853 kg ha⁻¹, resultando em um crescimento expressivo de 96 % (Federizzi et al., 2014; Conab, 2016).

As primeiras cultivares adotadas demonstravam problemas de adaptação, principalmente pelo ciclo longo de cultivo e elevada estatura, resultando em acamamento, reduzido rendimento e baixa qualidade de grãos (Federizzi & Pacheco, 2009). As cultivares deste período apresentavam tipo agrônomo de planta forrageira, com elevada produção de massa e reduzido potencial produtivo. O tipo agrônomo das cultivares adotadas atualmente começou a ser selecionado, no ano de 1974, quando o Professor Fernando Irajá Félix de Carvalho trouxe uma coleção de linhas puras e populações segregantes da geração F₂, obtidas na Universidade de Wisconsin. A partir desse período iniciou-se um intenso trabalho de melhoramento da espécie, representando o início da atual fase do melhoramento genético de aveia no Brasil (Federizzi et al., 2005; Hawerth et al., 2014).

A aveia desenvolvida para produção de grãos e forragem/cobertura de solo vem sendo exploradas há muitos anos, com o lançamento de grande número de cultivares adaptadas às condições de cultivo brasileiras. Os genótipos de aveia branca graníferos, por exemplo, vem passando por um intenso trabalho de melhoramento, principalmente nos últimos 40 anos, resultando no aumento na produtividade de grãos, índice de colheita e redução do ciclo e estatura (Barbosa Neto et al., 2000; Luche, 2014)

A conversão de uma planta ineficiente para uma cultura eficiente na produção de grãos, inicialmente foi preconizada a prospecção de genes de grande

efeito no caráter, e pequena participação dos efeitos de ambiente. Este primeiro melhoramento possibilitou uma drástica modificação fenotípica da planta em relação a caracteres qualitativos, como a redução da estatura, menor ciclo, redução da relação entre palha e grão (Hawerth et al., 2014). No segundo momento, outras modificações em caracteres controlados por genes pequeno efeito e grande participação do ambiente foram selecionados nos novos genótipos, visando caracteres quantitativos como rendimento de grãos, qualidade de grãos e rendimento industrial (Hawerth et al., 2014).

O rendimento de grãos apresentou considerável avanço, porém, a seleção para incrementar a produtividade é sensivelmente dificultada pela reduzida eficiência em identificar genótipos superiores. O fator ambiente interfere na expressão do potencial genético do genótipo, o que também pode ser verificado entre genótipos elite (Crestani et al., 2010).

A existência de variabilidade genética é condição essencial no melhoramento de plantas, possibilitando ao melhorista obter progresso através da seleção natural ou artificial (Kurek et al., 2002). Para o melhoramento genético da aveia branca, as dificuldades aumentam, pois da mesma forma que o trigo, apenas a produtividade não é decisiva para o sucesso do cultivar, havendo a necessidade de incorporar a aptidão industrial ao elevado rendimento (Crestani, 2011). Desta forma, a atenção do melhorista se volta a essas duas características de herança complexa e de associação nem sempre positiva. Além disso, o cultivo em regiões temperadas resulta em forte instabilidade fenotípica, aumentando ainda mais os desafios dos melhoristas de aveia branca (Luche, 2014).

Considerando as perspectivas de aumento de consumo de aveia, acresce a demanda por trabalhos de melhoramento genético a fim de explorar ao máximo a sua potencialidade, bem como, identificar estratégias eficientes para reduzir o tempo e os investimentos na obtenção de novos genótipos.

1.4.1 Seleção indireta

Para que seja possível aumentar a eficiência na seleção de genótipos superiores, diversas estratégias já foram estudadas, entre elas, tem destaque a seleção indireta. Esta tem por objetivo obter ganho de seleção em um caráter

principal, por meio de um caráter relacionado, o qual deverá apresentar elevada associação, alta herdabilidade e apresentar fácil mensuração (Falconer, 1964; Carvalho et al., 2004).

A seleção de indivíduos superiores se mostra altamente influenciada pelo ambiente, visto que a seleção, geralmente, é realizada com base no fenótipo (Marchioro et al., 2003). Desta forma, diferentes estratégias devem ser adotadas na identificação dos melhores indivíduos, sendo a escolha dependente das herdabilidades e dos objetivos do programa de melhoramento (Luche, 2014).

O ganho de seleção, ou ganho genético após a seleção, é função do produto entre o diferencial de seleção e da herdabilidade do caráter (Falconer, 1964). Em outras palavras, o quanto a progênie selecionada será superior à população original dependerá de dois fatores: a diferença entre a média dos indivíduos selecionados e a média original dos genótipos; e quanto da variação fenotípica é transmitida à progênie, ou seja, de origem genética (Carvalho et al., 2004).

A seleção direta de um caráter tem sua eficiência dependente da herdabilidade, e da estratégia adotada para a condução dos genótipos segregantes, pois reduzidos valores de herdabilidade tendem a diminuir o ganho de seleção (Caierão et al., 2006). Uma alternativa para esse panorama é o emprego da seleção indireta, pois permite a seleção eficiente de caracteres com dificuldade de mensuração, como os caracteres de baixa herdabilidade (Falconer, 1964).

De acordo com Cruz et al. (2012) se dois caracteres são correlacionados genotípicamente, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta ao outro associado. Porém, se um caráter se correlacionar positivamente com alguns e negativamente com outros, deve ser cuidadosa a sua utilização, podendo resultar em modificações indesejáveis. Segundo o mesmo pesquisador, em alguns casos, a seleção indireta, com base na resposta correlacionada, pode levar a progressos genéticos mais rápidos do que a seleção direta sobre o caráter desejado.

Essa estratégia vem sendo amplamente empregada no melhoramento vegetal com grande sucesso. Em aveia branca, a utilização da massa da panícula como caráter na seleção indireta, com o objetivo de obter maior rendimento de grãos e qualidade industrial, demonstra resultados eficientes em diversos trabalhos (Marchioro et al., 2003; Caierão et al., 2006; Lorencetti et al., 2006, Hawerth et

al., 2015). Esse sucesso está relacionado aos componentes de rendimento que compõem a panícula da aveia, os quais se destacam o número e a massa de grãos, onde a massa de grãos representa mais de 80% da massa da panícula (Caierão et al., 2001). Outros caracteres têm sido estudados e registrados como importantes na seleção indireta da aveia, como o rendimento de grãos por planta, o índice de grãos maior que dois milímetros e a massa do hectolitro (Federizzi et al., 2005; Luche, 2014; Hawerth et al., 2015).

1.4.2 Correlações lineares e correlações canônicas

Conhecer as associações entre os caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento genético, principalmente se existir problemas de mensuração ou de baixa herdabilidade em caracteres de interesse (Cruz et al., 2012). De acordo com Carvalho et al. (2004) a presença de correlação entre dois caracteres demonstra tendência de associação linear, onde a modificação de um é seguida por alteração do outro.

As correlações fenotípicas são medidas de associações reveladas por meio das mensurações diretas dos caracteres. Essa correlação se deve a fatores de origem genética e ambiental, porém, apenas a genética apresenta relação herdável. A existência de correlação genética favorável entre dois caracteres, possibilita a utilização desta relação na seleção indireta no outro caráter associado (Cruz et al., 2012).

Uma correlação genética é determinada inteiramente pelo genótipo, sem a interação do ambiente (Carvalho et al., 2004). Os desmembramentos das correlações fenotípicas, em seus efeitos genéticos e de ambiente, possibilitam identificar caracteres que apresentem associações genéticas, passíveis de seleção indireta com maior eficiência. Segundo Falconer (1964), se ambos caracteres possuem baixa herdabilidade, então a correlação fenotípica é determinada, principalmente, pela correlação de ambiente, por outro lado, se eles apresentam elevadas herdabilidades, então a correlação genética passa a ser de maior importância.

Em muitos casos a simples tendência de associação entre os caracteres não é um fator relevante, para o uso em uma seleção indireta. Quando o objetivo

principal do estudo é identificar as causas e efeitos das associações, outras técnicas devem ser utilizadas, como a análise de trilha e as correlações canônicas. Uma análise de trilha permite determinar os efeitos diretos e indiretos de caracteres explicativos em um único caráter dependente (Cruz et al., 2014). Porém, quando o objetivo é compreender a relação de um maior número de caracteres dependentes a análise de correlação canônica possibilita determinar essas relações (Hair et al., 2005).

As correlações canônicas apresentam o objetivo de estimar as inter-relações entre grupos variados de caracteres, tendendo estes caracteres a responder de forma linear (Cruz et al., 2012). Através desta análise é possível reduzir os problemas referentes à presença de um único caráter dependente, permitindo revelar a máxima correlação entre os grupos (Morrison, 1978).

O número de correlações canônicas iguala-se ao número de caracteres que compõe o menor grupo, onde este deverá apresentar pelo menos dois caracteres, e a magnitude destas correlações é inversamente proporcional a ordem que foram estimadas (Cruz et al., 2004).

Esta análise é realizada através de funções canônicas independentes, onde é maximizado a associação entre as composições lineares. Cada função canônica é baseada na correlação entre duas variáveis estatísticas canônicas, cada uma relativa a um grupo de caracteres. Estas variáveis estatísticas são obtidas com o intuito de maximizar as relações intergrupos (Hair et al., 2005).

A definição de relações entre caracteres permite ao melhorista determinar a estratégia de seleção a ser utilizada, para se alcançar um objetivo específico. Além disso, possibilita a seleção indireta de um único ou mesmo um conjunto de caracteres de interesse. A compreensão das relações entre caracteres permite incrementar a eficiência da seleção, e reflete no sucesso do programa de melhoramento genético (Carvalho et al., 2004).

1.4.3 Condução de *bulks* em ambientes distintos

Caracteres que apresentam herança complexa, por estarem associados a um grande número de genes de pequeno efeito sobre o caráter, sofrem grande influência de fatores ambientais (Allard, 1971). Os caracteres rendimento de grãos

e rendimento industrial, amplamente visados pelo melhoramento genético da aveia branca, demonstram essa condição (Crestani, 2011). Desta forma, a interação do genótipo frente a um ambiente específico, resulta em um fator muito importante para o melhoramento genético, e por esse motivo, deve ser estudada detalhadamente (Luche, 2014).

A seleção feita com base no desempenho de genótipos em um número variado de ambientes, possibilita a identificação de um fator de interação, que resulta da resposta diferenciada dos genótipos aos diferentes ambientes (Cruz et al., 2014). Essa interação influencia o ganho por seleção, dificultando a obtenção de genótipos com ampla adaptabilidade (Cruz et al., 2012).

Quando os genótipos estão sujeitos apenas a seleção natural, plantas mais competitivas e adaptadas demonstram melhor expressão fenotípica, levando ao maior número de descendentes e aumentando sua frequência no *bulk* (Carvalho et al., 2008). Quando há uma grande diferença na capacidade competitiva dos genótipos, a eliminação do competidor mais fraco, ocorre de forma mais rápida nas primeiras gerações, promovendo o aumento na frequência de outros genótipos (Allard, 1971).

Os fatores que influenciam o desenvolvimento de um genótipo são os mais variados possíveis, com destaque a temperatura média, amplitude diurna da temperatura, umidade do solo nos vários estádios de desenvolvimento, intensidade luminosa, densidade de sementeira, predominância e competição com plantas daninhas (Allard, 1971).

As diferenças fenotípicas proporcionadas pelos ambientes de seleção, estão relacionadas a adaptações dos genótipos a certas condições, sendo assim, um loco em segregação tenderá para a fixação da característica se este lhe favorecer, ou para a eliminação, se o caráter não promover melhor desempenho frente a uma condição ambiental exposta (Falconer, 1964). Ainda segundo este mesmo autor, o desempenho superior de um genótipo que está sobre influência de seleção natural, possui relação com a seleção de alelos favoráveis que lhe confira um maior valor adaptativo, que varia entre ambientes, dentro de cada geração. Dessa forma, a condução de genótipos segregantes em distintas condições ambientais, promove a seleção dos genótipos melhor adaptados àquela condição específica, resultando em diferenciações entre genótipos de um mesmo cruzamento.

1.5 Referências

- 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.
- ANTONOW, D. **Determinação de caracteres associados à qualidade física e eficiência de descasque dos grãos de aveia (*Avena sativa* L.)**. 2013. 161f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- BARBIERI, R. L. Aveia: De vilã a heroína, a domesticação de uma planta invasora. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 209-218.
- BARBOSA NETO, J.F.; MATIELLO, R.R.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEGORARO, D.G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M.E.B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1605-1612, 2000.
- CAIERÃO, E.; CARVALHO, F. I. F. de; PACHECO, M. T.; LONRECETTI, C.; MARCHIORO, V. S.; SILVA, J. G. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência rural**, Santa Maria, v 31, n.2, p 231-236, 2001.
- CAIERÃO, E.; CARVALHO, F.I.F; FLOSS, E.L. Seleção indireta para o incremento do rendimento de grãos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1126-1131, 2006.
- CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004, 142p.
- CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V. S.; SILVA, S. A. **Condução de populações no melhoramento genético de plantas**. 2 ed. Pelotas: UFPel, 2008, 288 p.
- COFFMAN, F.A. World importance and distribution. In: COFFMAN, F. A. **Oats and oat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1961, p. 1-4.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V.3 n. 5 Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 12 de fevereiro de 2016.

CRESTANI, M. et al. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 261 - 268, 2010.

CRESTANI, M. **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) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v. 2, 3.ed. Viçosa: UFV, 2014, 668p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.1. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004, 480p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012, 508 p.

DE MORI, C.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 26 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 136). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136.htm>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Tradução de SILVA, M. de A. e; SILVA, J. C. 1 ed. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1964. 279 p.

FEDERIZZI, L. C. et al. Importância da cultura da aveia. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de. (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, p. 44-53.

FEDERIZZI, L. C. et al. Melhoramento da aveia. In: Borém, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 141-169.

FEDERIZZI, L. C.; PACHECO, M. P. Programa de melhoramento genético de aveia da UFRGS: 35 anos de história. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 2009, Porto Alegre. **Resultados Experimentais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. p. 202-205.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. Análise de correlação canônica. In: HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005, p. 361-380.

- HAWERROTH, M. C. et al. Correlations among industrial traits in oat cultivars grown in different locations of Brazil. **Australian journal of crop science**, v. 9, n. 12, p. 1182-1189, dez. 2015.
- HAWERROTH, M. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. A. G. da; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de. **Importância e dinâmica de caracteres na Aveia Produtora de Grãos**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2014.
- HOLDEN, J.H.W. Oats. *Avena* spp. (Gramineae - Aveneae). In: SIMMONDS, N.W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. New York: Longman, 1979. 339p.
- IBGE – **Indicadores IBGA: Estatística da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 12 de fevereiro de 2016.
- KUREK, A. J. et al. Fatores genéticos relacionados com a expressão do caráter percentual de cariopse em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 751-756, 2002.
- LEGGETT, J. M.; THOMAS, H. Oat evolution and cytogenetics. In: WELCH, ROBERT W. (Ed.) **The oat crop: production and utilization**. 1st ed. Londres: Chapman & Hall, 1995. p. 141-169.
- LORENCETTI, C. et al. Applicability of phenotypic and canonic correlations and path coefficients in the selection of oat genotypes. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 11-19, jan./fev. 2006.
- LUCHE, H. de S. **Estratégias na seleção de genótipos superiores de aveia branca**. 2014. 77 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- MARCHIORO, V. S. et al. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira de agrociência**, v. 9, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2003.
- MARTINEZ, M. F.; ARELOVICH, H. M.; WEHRHAHNE, L. N. Grain yield, nutrient content and lipid profile of oat genotypes grown in a semiarid environment. **Field Crops Research**, v. 116, n. 1-2, p. 92–100, 2010.
- MORRISON, D. F. **Multivariate statistical methods**. 2. Ed. Tokyo: McGraw Hill, 1978, 415p.
- PETERSON, D. M.; WESENBERG, D. M.; BURRUP, D. E.; ERICKSON, C. A. Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. **Crop Science**, v. 45, n. 4, p. 1249–1255, 2005.

RASANE, P.; JHA, A.; SABIKHI, L.; KUMAR, A.; UNNIKRIISHNAN, V. S. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review. **Journal of Food Science and Technology**, 2013.

SILVEIRA, S. F. da S. **Estratégias de seleção em aveia branca (*Avena sativa* L.) visando rendimento de grãos e qualidade nutricional**. 2015, 77f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

STERNA, V.; ZUTE, S.; BRUNAVA, L. Oat grain composition and its nutrition benefice. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 8, p. 252-256, 2016.

SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. **Fodder Oats: a world overview**. Rome: FAO, 2004.

USDA – United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. n. 2 Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>. Acessado em 12 de fevereiro de 2016.

**CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS E AMBIENTES DE
SELEÇÃO NA OBTENÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE AVEIA
BRANCA**

Influência das estratégias e ambientes de seleção na obtenção de genótipos superiores de aveia branca

Resumo – Constantes pesquisas vêm sendo desenvolvidas no melhoramento genético e fitotecnia, visando incrementar a produtividade e a qualidade da aveia branca. Os processos de melhoramento são bastante influenciados pelas condições ambientais, principalmente por fatores de origem abiótica e biótica. Foram utilizados 48 *bulks* na geração F₇, oriundos de dois locais, Capão do Leão – RS e Augusto Pestana – RS. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Foram analisados os caracteres massa da panícula, índice de grãos, rendimento de grãos e rendimento industrial. Diferentes ambientes proporcionam respostas diferenciadas na seleção. A massa da panícula apresenta relação com rendimento de grãos superior. Combinações de genitores eficientes, proporciona desempenho superior de genótipos recombinantes, independente do ambiente de seleção.

Palavras chave: *Avena sativa* L., ambiente de seleção, seleção indireta, qualidade industrial.

Abstract – Constant research has been carried out on plant breeding and crop management aiming to improve the productivity and the quality of the oat. The plant breeding processes are strongly influenced by the environmental conditions, mainly by abiotic and biotic origin factors. Forty-eight bulks of seeds in the F₇ generation from two different locations, Capão do Leão – RS and Augusto Pestana – RS, were used. Randomized complete block design, with three replications, was used. Panicle weight, grain index, grain yield and industrial yield were evaluated. Different environments provide differentiated responses in selection. The panicle weight is correlated with income higher grain. Combinations effective parents, provides superior performance recombinant genotypes, independent of the selection environment.

Key words: *Avena sativa* L., environment of selection, indirect selection, industrial quality.

2.1 Introdução

A aveia branca (*Avena sativa* L.), embora seja uma cultura em expansão, ainda apresenta menor expressão no Brasil em relação a soja, milho e o trigo. Sua importância é atribuída em regiões frias, sendo para estas excelentes alternativas de cultivo. Ao longo dos últimos anos, pesquisas voltadas ao melhoramento genético e fitotecnia, estão sendo desenvolvidas, com o intuito de incrementar a produtividade e a qualidade da aveia branca (Federizzi et al., 2014).

A cultura da aveia branca é bastante influenciada pelas condições ambientais, os principais fatores que interferem no desenvolvimento da cultura podem ser classificados como de origem abiótica e biótica. Os principais fatores abióticos são a temperatura, intensidade luminosa, horas de luminosidade diária, precipitação, umidade relativa do ar e a fertilidade do solo. Para os fatores bióticos destacam-se a ocorrência de patógenos e insetos praga (Castro et al., 2012).

A obtenção de cultivares elite de aveia branca apresenta-se como um processo que requer muitos recursos financeiros e humanos. Programas de melhoramento são dependentes de grande número de cruzamentos, obtenção de populações e famílias segregantes, que possam permitir obter genótipos transgressivos para os caracteres de interesse e que atendam às necessidades de mercado e de agricultores. Desta maneira, a seleção indireta é uma alternativa que permite a seleção de genótipos promissores, através de caracteres altamente correlacionados com o caráter de interesse. Os caracteres utilizados para estas estratégias devem ser de fácil identificação e mensuração, e podem vir a reduzir consideravelmente o tempo e os recursos para obtenção de novos genótipos (Carvalho et al., 2004).

Alguns caracteres são predefinidos como promissores para nortear a seleção indireta em aveia branca, pesquisas definem que a massa da panícula (Caierão et al., 2001; Marchioro et al., 2003; Caierão et al., 2006; Lorencetti et al., 2006), a produtividade de grãos por planta (Luche, 2014) e o índice de grãos maiores que dois milímetros (Hawerroth et al., 2015), são promissores para a obtenção de genótipos superiores. Durante os processos de seleção os caracteres de interesse agrícola e econômico podem ser influenciados pelas condições ambientais, uma vez que efeitos abióticos pronunciáveis são evidenciados nestes caracteres Estes caracteres são

ditos quantitativos por possuírem baixa herdabilidade, e sofrerem grande efeito do ambiente como o número de espiguetas e grãos da panícula (Federizzi et al., 1995), massa do grão (Doehlert et al., 2001) e o rendimento de grãos e industrial (Hawerroth et al., 2014).

Os caracteres de interesse apresentam distintas classes fenotípicas, sendo que estas determinam seu valor adaptativo, onde a seleção natural consiste em favorecer as famílias transgressivas superiores, fazendo com que estas aumentem suas frequências, da mesma forma, desfavorecendo os genótipos inferiores ao decorrer das gerações segregantes (Falconer, 1964; Allard, 1971). Existe a carência de pesquisas que revelem a influência da seleção realizada em distintos ambientes, e que evidenciem quais os efeitos destas estratégias na obtenção de famílias superiores em aveia branca. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar as famílias superiores de aveia branca e as classes fenotípicas superiores para os caracteres de interesse agronômicos, e verificar a influência de diferentes estratégias de seleção para obter genótipos transgressivos.

2.2 Material e métodos

O trabalho teve início no ano de 2008 através dos cruzamentos em esquema de dialelo parcial, com a utilização de quatro genótipos de aveia branca, sendo estes: Albasul, UPFA 22, URS Guapa, e IAC 7, estas ranqueadas entre as principais cultivares de aveia branca no Brasil. Realizou-se o avanço de geração ($F_1 \rightarrow F_2$) na safra agrícola 2008/2009, as sementes obtidas geraram as populações F_2 sendo estas semeadas no arranjo de planta espaçada (30 x 30 cm), utilizou-se 150 genótipos por cruzamento realizado sendo eles: Albasul x UPFA 22, Albasul x URS Guapa, Albasul x IAC 7, UPFA 22 x URS Guapa, UPFA 22 x IAC 7 e URS Guapa x IAC 7. As plantas foram conduzidas no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento da Universidade Federal de Pelotas.

As plantas contidas nas populações F_2 foram colhidas e trilhadas separadamente. Desta forma, foram utilizados como critérios de seleção para compor a geração futura os genótipos que obtiveram superioridade no rendimento de grãos por planta (RGP), massa da panícula principal (MPP) e índice de grãos maior que

dois milímetros (IG), manteve-se um *bulk* sem seleção (SS), totalizando quatro estratégias de seleção.

Foi empregada uma pressão de seleção de 10% nas populações F₂. Realizou-se avanço da geração F₃ a F₄ com intuito de aumentar a quantidade de sementes e viabilizar o estudo. No inverno dos anos agrícolas de 2011, 2012 e 2013 as 6 combinações foram conduzidas em dois ambientes, totalizando 24 *bulks*. Sendo estes:

- Capão do Leão – RS localizado na latitude de 31° 47' 58"S e longitude 52° 31' 02'O, com altitude de 13 metros. O solo é classificado como Argissolo vermelho amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), e Augusto Pestana – RS é localizado na latitude 28° 27' 15"S e longitude 53° 54' 25"O, com altitude de 328 metros, o solo classificado como Latossolo vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006). Para ambos os ambientes o clima caracteriza-se como por Köppen como *Cfa* subtropical.

Os 24 *bulks* da geração (F₄, F₅ e F₆) foram conduzidos sem o emprego de seleção artificial, atuando apenas os efeitos bióticos e abióticos do ambiente de cultivo. Em 2014 implantou-se a geração F₇ a campo, utilizando os 24 *bulks* oriundos do ambiente Capão do Leão – RS e 24 *bulks* oriundos do ambiente Augusto Pestana – RS, totalizando 48 *bulks*. Além disso, foram incluídas as cultivares genitoras e as testemunhas comerciais Barbarasul e URS Taura. O ensaio foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com 54 tratamentos dispostos em três repetições, seguindo as recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (Lângaro et al., 2014).

A unidade experimental foi constituída por cinco linhas com cinco metros (m) de comprimento, espaçadas por 0,17 m. Apenas as linhas centrais foram colhidas, totalizando área útil 2,5 m². A densidade populacional empregada para todos os genótipos foi de 300 sementes aptas por m². Empregou-se o sistema de semeadura direta, com adubação de base de 400 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 05-20-20, e a adubação de cobertura foi realizada com 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de Ureia ((NH₂)₂CO) no afilhamento. O controle de plantas daninhas, insetos-praga e fitossanitários foram realizados de modo a minimizar as interferências bióticas no experimento.

Os caracteres avaliados neste ensaio foram:

Massa da panícula (MPAN), estimada pela mensuração da massa média de panículas por unidade experimental, amostraram-se estratos de (40, 30, 30 panículas) com um total de 100 panículas por *bulk*, resultados em gramas (g).

Índice de grãos (IG), obtido através da relação entre a massa de grãos maiores que dois milímetros e a massa total de 50 g, resultados em $g\ g^{-1}$.

Rendimento de grãos (RG), aferido através da massa de grãos das panículas colhidas na unidade experimental, posteriormente efetuou-se a razão entre a massa de grãos e o número de plantas colhidas por unidade experimental, os resultados obtidos foram ajustados para 13% de umidade e após para a densidade populacional empregada, resultados em $kg\ ha^{-1}$, (Lângaro et al., 2014).

Rendimento industrial (RI), obtido através do ajuste entre o rendimento de grãos (RG) e o índice industrial (índice de grãos $g\ g^{-1}$ x índice de descasque $g\ g^{-1}$) segundo metodologia proposta por Luche (2014), resultados em $kg\ ha^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, com intuito de verificar suas pressuposições, normalidade por Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) e homogeneidade das variâncias por Bartlett (Steel et al., 1997). Posteriormente, realizou-se a análise descritiva através das distribuições de frequências e obtenção das classes fenotípicas para cada caráter, determinou-se as médias, os valores mínimos e máximos de cada caráter, o coeficiente de variação, e de assimetria e curtose. Aplicou-se o teste de agrupamento de médias por Scott-Knott (1974). As análises foram realizadas através dos softwares SAS (SAS, 1999), Genes (Cruz, 2013) e Sigma Plot 10.0 (Sigma Plot, 2007).

2.3 Resultados e discussão

A análise de variância de acordo com as estratégias de seleção (sem seleção, via massa da panícula principal, via rendimento de grãos por planta e via índice de grãos) e ambientes Augusto Pestana e Capão do Leão, ambos no Rio Grande do Sul, revelou interação significativa ($p < 0,05$) apenas para duas combinações (Tabela 2.1). A combinação 1, Albasul x UPFA 22, apresentou interação entre o local de seleção e a seleção para os caracteres massa da panícula (MPAN), rendimento de grãos (RG) e rendimento industrial (RI). A combinação 6, URS Guapa x IAC 7, evidenciou interação entre local e seleção para todos os caracteres analisados.

Para as combinações Albasul x URS Guapa, Albasul x IAC 7, UPFA 22 x URS Guapa e UPFA 22 x IAC 7, não foram observadas interações significativas, demonstrando que a seleção imposta pelo ambiente nos distintos locais, não resultou em diferenciação no desempenho dos *bulks*, para todos os caracteres (Tabela 2.1).

Para as combinações que demonstraram interação entre local de seleção e a estratégia de seleção, procedeu-se o desdobramento dos fatores, visando principalmente elucidar qual ambiente melhor contribuiu para o desempenho superior de *bulks* (Tabela 2.2). Para a combinação Albasul x UPFA 22, foram observadas diferenças para a estratégia de seleção via massa da panícula principal (MPP), para os caracteres massa da panícula, rendimento de grãos e rendimento industrial. Para todos os caracteres o ambiente de Capão do Leão - RS evidenciou superioridade.

A combinação URS Guapa x IAC 7, foram observadas um maior grau de distinção entre as estratégias de seleção e locais. O ambiente Capão do Leão – RS revelou-se superior para os *bulks* sem seleção (SS), para o caráter rendimento de grãos (2647 kg ha^{-1}) e para os *bulks* selecionados através da massa da panícula principal (MPP), quanto ao caráter índice de grãos (IG), com média $0,66 \text{ g g}^{-1}$. O ambiente Augusto Pestana - RS se destacou para as estratégias MPP, para o caráter rendimento de grãos (2662 kg ha^{-1}), para a estratégia rendimento de grãos por planta (RGP) para o caráter rendimento de grãos (2477 kg ha^{-1}) e para a estratégia de seleção via índice de grãos (IG), sendo superior quanto a massa da panícula (2,18 g), rendimento de grãos (2830 kg ha^{-1}) e rendimento industrial (1325 kg ha^{-1}).

As alterações observadas podem estar associadas às influências do ambiente durante o período de segregação, pois a herdabilidade de um caráter não está associada apenas a variância genética, mas a variância do ambiente e a interação genótipo x ambiente, o que proporcionou a distinção entre os *bulks* (Amaral et al., 1996). Genótipos com maior capacidade competitiva, elevam suas frequências, e resultam em uma proporção maior de descendentes na próxima geração (Allard, 1971). Os alelos selecionados via seleção natural, demonstraram eficiência competitiva e adaptação, os quais determinaram conjuntos de genótipos superiores (Falconer, 1964).

Tabela 2.1 Análise da variância individual para seis combinações de aveia branca selecionadas de forma natural em dois locais através de quatro estratégias de seleção, conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.

F.V.	Combinação 1: Albasul x UPFA 22				
	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,029	0,002	33136,863	13368,035
Local (L)	1	0,069	0,001	105294,574	9683,179
Seleção (S)	3	0,227**	0,004	490644,913**	164424,451**
L x S	3	0,112*	0,003	213179,224**	109788,895**
Resíduo	14	0,028	0,001	37989,560	18348,751
F.V.	Combinação 2: Albasul x URS Guapa				
	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,284	0,003	528901,411	220835,294
Local (L)	1	0,113	0,004	261184,315	11541,584
Seleção (S)	3	0,030	0,003	65673,736	40957,770
L x S	3	0,033	0,001	53444,987	11720,288
Resíduo	14	0,039	0,001	62328,810	17237,378
F.V.	Combinação 3: Albasul x IAC 7				
	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,003	0,002	4024,033	3346,831
Local (L)	1	0,058	0,008	87186,100	48096,322
Seleção (S)	3	0,053	0,011	78926,985	113562,223
L x S	3	0,031	0,002	56645,748	32583,594
Resíduo	14	0,075	0,004	130069,683	48826,681
F.V.	Combinação 4: UPFA 22 x URS Guapa				
	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,065	0,002	120977,933	40364,222
Local (L)	1	0,005	0,002	11662,422	5937,163
Seleção (S)	3	0,030	0,003	53674,008	36500,752
L x S	3	0,074	0,002	140995,773	94052,757
Resíduo	14	0,059	0,003	98198,654	70315,210
F.V.	Combinação 5: UPFA 22 x IAC 7				
	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,209	0,002	363505,073	109312,598
Local (L)	1	0,001	0,003	1953,443	436,983
Seleção (S)	3	0,155	0,0545**	252115,946	340969,942**
L x S	3	0,065	0,001	133295,377	10997,585
Resíduo	14	0,056	0,001	94212,269	22311,167
F.V.	Combinação 6: URS Guapa x IAC 7				
	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,097	0,002	5743,066	61374,264
Local (L)	1	0,158*	0,002	308642,141**	2916,090
Seleção (S)	3	0,023	0,021**	29589,912**	52130,820*
L x S	3	0,137**	0,012*	266339,432**	65908,094**
Resíduo	14	0,018	0,003	3337,992	10664,619

F.V.= fonte de variação; GL= graus de liberdade; Local= Augusto Pestana/RS e Capão do Leão/RS; Seleção= Estratégias via massa da panícula principal (MPP), rendimento de grãos por planta (RGP), índice de grãos (IG) e sem seleção (SS); Caracteres mensurados: MPAN= massa da panícula; IG= índice de grãos; RG= rendimento de grãos; RI= rendimento industrial. * e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2.2 Desempenho de duas combinações de aveia branca levando em consideração o local e as estratégias de seleção para quatro caracteres, em *bulks* conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.

Caracteres Seleção/Local	MPAN		IG		RG		RI	
	AP	CL	AP	CL	AP	CL	AP	CL
Combinação 1: Albasul x UPFA 22								
SS	2,13 A ab	2,01 A b	0,74 A a	0,70 A a	2751 A ab	2571 A b	1410 A a	1185 A b
MPP	2,20 B ab	2,68 A a	0,69 A a	0,76 A a	2862 B ab	3525 A a	1402 B a	1817 A a
RGP	2,30 A a	2,23 A b	0,71 A a	0,71 A a	2970 A a	2884 A b	1526 A a	1478 A ab
IG	1,95 A b	2,08 A b	0,77 A a	0,77 A a	2489 A b	2623 A b	1249 A a	1279 A b
Combinação 6: URS Guapa x IAC 7								
SS	1,84 A b	2,05 A a	0,67 A a	0,62 A a	2361 B c	2647 A a	993 A b	1143 A a
MPP	2,10 A ab	1,92 A ab	0,51 B b	0,66 A a	2662 A b	2416 B b	889 A b	1009 A a
RGP	1,94 A ab	1,78 A ab	0,65 A a	0,64 A a	2477 A c	2276 B c	1041 A b	997 A a
IG	2,18 A a	1,65 B b	0,73 A a	0,72 A a	2830 A a	2084 B d	1325 A a	1014 B a

AP= Augusto Pestana - RS; CL= Capão do Leão - RS; SS= bulk sem seleção; MPP= bulk massa da panícula principal; RGP= bulk rendimento de grãos por planta; IG= bulk índice de grãos; MPAN= massa da panícula (g); IG= índice de grãos (g g⁻¹); RG= rendimento de grãos (kg ha⁻¹); RI= rendimento industrial (kg ha⁻¹). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Estudos envolvendo estatísticas descritivas são importantes para elucidar o comportamento das classes fenotípicas dos caracteres e evidenciar quais genótipos apresentam um padrão de segregação diferencial aos seus genitores, identificando assim, os melhores indivíduos. Dessa maneira é possível identificar quais dos genótipos obtidos apresentam-se transgressivos para cada caráter mensurado. Diante disso, os coeficientes de assimetria (S) e curtose (K) são utilizados como ferramenta em análises descritivas de frequências, e permitem classificar as distribuições conforme a disposição das observações perante a curva normal.

Os valores dos coeficientes indicam a distribuição dos dados, onde, (S= 0) distribuição simétrica, (S < 0) distribuição assimétrica negativa e (S > 0) assimetria positiva. A curtose representa a forma da distribuição, com (K= 0) distribuição mesocúrtica, nem chata nem delgada, (K > 0) leptocúrtica, delgada, com alta homogeneidade, (K < 0) planicúrtica, achatada e com alta variabilidade (Cruz, 2006).

As figuras de 2.1 a 2.4 apresentam os resultados da análise de distribuição de frequência para caracteres massa da panícula (MPAN), índice de grãos (IG), rendimento de grãos (RG) e rendimento industrial (RI), mensurados em 800 plantas amostradas nas seis combinações de aveia branca Albasul x UPFA 22, Albasul x URS Guapa, Albasul x IAC 7, UPFA 22 x URS Guapa, UPFA 22 x IAC 7 e URS Guapa x IAC 7. Na Tabela 2.3 são apresentados os parâmetros média, valor mínimo e máximo, coeficiente de variação (CV%), assimetria (S), curtose (K) e variância (σ^2), complementares a análise descritiva.

Quanto a massa da panícula (MPAN) as combinações apresentaram distribuições de frequências que variaram de 0,30 a 4,95 g. Todas as seis combinações revelaram valores intermediários aos genitores (Figura 2.1). De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2.3, as médias para cada uma das combinações foram, respectivamente, 2,21; 2,35; 1,99; 1,83; 2,02 e 1,92 g. Para as combinações Albasul x UPFA 22 e Albasul x URS Guapa foram constatados os melhores resultados.

A massa da panícula (MPAN) apresenta-se relacionada aos principais componentes do rendimento de grãos em aveia branca, número e a massa de grãos por panícula, sendo passível de selecionar novos genótipos através deste caráter com intuito de obter incremento ao rendimento de grãos e qualidade industrial (Caierão et al., 2006). Desta forma, ao revelar o maior número de plantas com

elevada MPAN, torna-se possível a obtenção de genótipos transgressivos, os quais podem apresentar elevada produtividade de grãos devido aos ganhos obtidos através da massa da panícula (Marchioro et al., 2003).

Os valores mínimos e máximos observados foram encontrados para as combinações Albasul x IAC 7 e Albasul x URS Guapa de 0,20 e 5,08 g, respectivamente. Superioridade para a massa da panícula pode ser indicativo de genótipos promissores em um programa de melhoramento. Este caráter, juntamente à massa de mil grãos, número de grãos por panícula, massa dos grãos e o número de panículas por planta tem grande importância para o rendimento de grãos (Caierão et al., 2001; Benin et al., 2003; Lorencetti et al., 2006).

O coeficiente de variação caracteriza-se por ser um parâmetro de confiabilidade dos resultados obtidos, bem como indica a existência de variabilidade genética em populações, representado pela dispersão das observações em torno da média (Carvalho et al., 2004). As combinações demonstraram amplitude compreendendo de 30,34 % para Albasul x URS Guapa e 36,13 % para UPFA 22 x URS Guapa. A maioria das combinações revelaram magnitudes médias, demonstrando a existência de variabilidade genética para os bulks, segundo a classificação de Gomes (1985).

Coeficientes de assimetria (S) positivo (0,73; 0,56; 0,59; 0,90; 0,60 e 0,82) foram encontrados para todas as combinações, desta forma, evidenciam distribuições com tendência de agrupamento à esquerda da média do caráter (Tabela 2.3; Figura 2.1). Essa tendência de agrupamento, sugere que a segregação para essas combinações tende ao genitor de desempenho inferior, para todas as combinações.

Os coeficientes de curtose (K) referentes ao grau de concentração das observações no centro e nas extremidades das caudas da distribuição, revelaram valores positivos para todas as combinações (0,67; 0,22; 0,52; 1,52; 0,72 e 0,92), e configuram distribuições leptocúrticas, com maior concentração de valores em torno da média do caráter (Tabela 2.3; Figura 2.1).

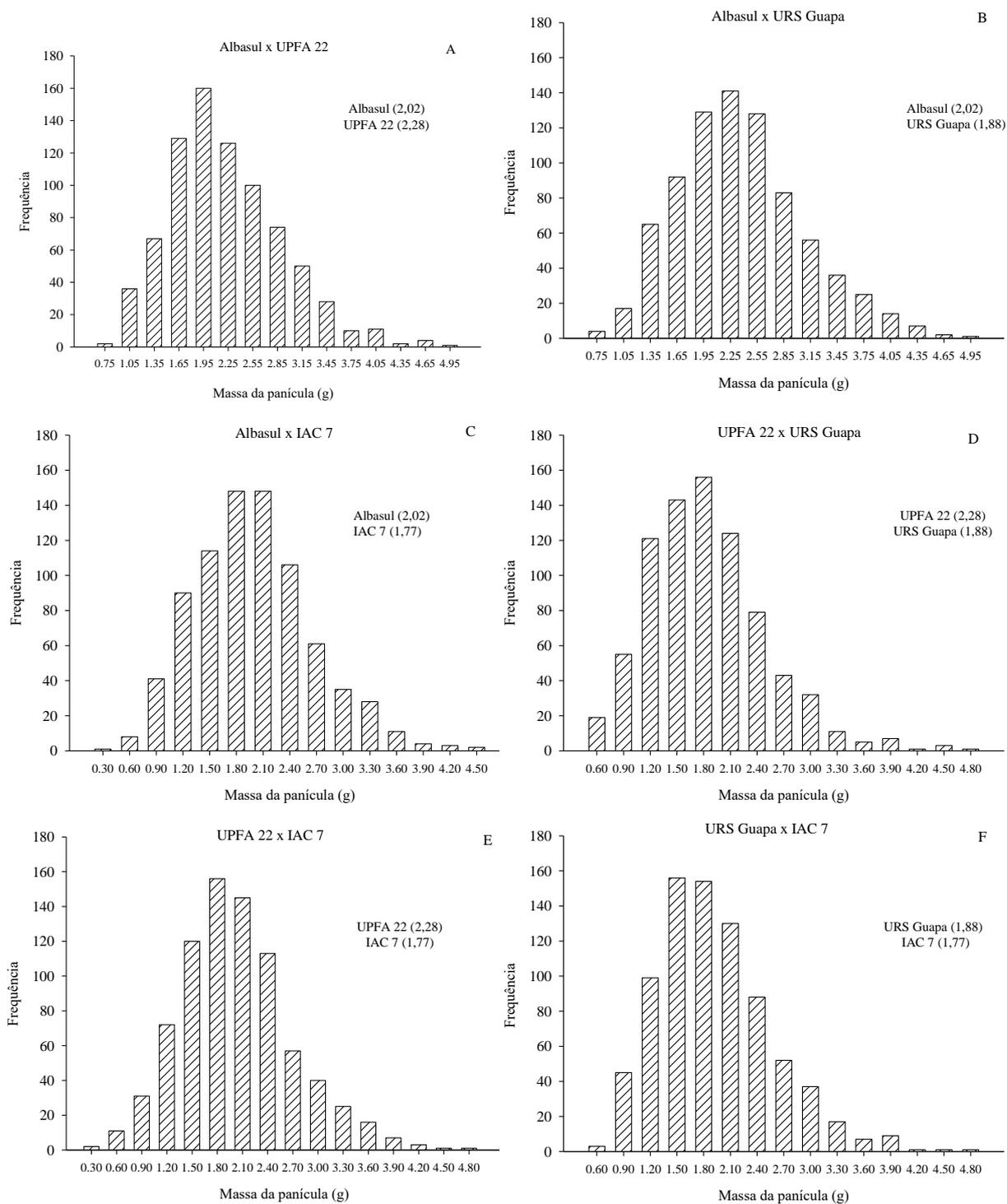


Figura 2.1 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter massa da panícula (MPAN, g), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas.

Tabela 2.3 - Análise estatística descritiva para os caracteres agrônômicos de aveia branca relacionados com o rendimento industrial de grãos de populações F₇, oriundas dos cruzamentos entre as cultivares Albasul, UPFA 22, URS Guapa e IAC 7. Pelotas - RS, 2016.

Caráter	*Média	V. mín.	V. máx.	CV (%)	S	K	σ^2
Combinação 1: Albasul x UPFA 22							
†MPAN	2,21	0,84	4,96	31,45	0,73	0,67	0,482
IG	0,67	0,32	0,96	22,07	-0,09	-0,59	0,021
RG	2846	1050	6555	32,35	0,76	0,79	847567,960
RI	1361	237	3930	47,47	0,50	-0,09	417345,959
Combinação 2: Albasul x URS Guapa							
MPAN	2,35	0,71	5,08	30,34	0,56	0,22	0,508
IG	0,69	0,32	0,96	20,63	-0,19	-0,57	0,020
RG	3040	885	6570	31,15	0,58	0,21	896832,922
RI	1498	217	3676	42,88	0,32	-0,09	412665,995
Combinação 3: Albasul x IAC 7							
MPAN	1,99	0,20	4,64	33,68	0,59	0,52	0,447
IG	0,62	0,29	0,96	25,77	-0,003	-0,73	0,026
RG	2548	615	5835	34,14	0,60	0,55	756305,507
RI	1039	66	3007	54,33	0,46	-0,50	318909,702
Combinação 4: UPFA 22 x URS Guapa							
MPAN	1,83	0,56	4,79	36,13	0,90	1,52	0,436
IG	0,59	0,28	0,96	26,57	0,22	-0,74	0,024
RG	2302	645	5985	37,33	0,96	1,66	738394,298
RI	1046	125	4061	59,01	1,08	1,51	381123,427
Combinação 5: UPFA 22 x IAC 7							
MPAN	2,02	0,23	4,89	33,39	0,60	0,72	0,455
IG	0,63	0,23	0,96	23,93	-0,08	-0,56	0,023
RG	2577	225	6225	34,30	0,60	0,71	781223,091
RI	1141	78	3671	50,71	0,54	0,03	334987,739
Combinação 6: URS Guapa x IAC 7							
MPAN	1,92	0,53	4,79	33,91	0,82	0,92	0,422
IG	0,61	0,31	0,96	25,21	0,24	-0,67	0,023
RG	2447	735	6270	34,74	0,81	0,97	722436,318
RI	1050	196	3350	54,26	0,73	0,02	324236,012

† MPAN= massa da panícula; IG= índice de grãos; RG= rendimento de grãos; RI= rendimento industrial. *Média= Média da população F₇; V. mín.= valor mínimo; V. máx.= valor máximo; CV(%)= coeficiente de variação; S= coeficiente de assimetria; K= Coeficiente de curtose; σ^2 = variância. N= 800 indivíduos por combinação.

Os valores de variância (σ^2) observados foram similares para quase todas as combinações. Apenas a combinação Albasul x URS Guapa apresentou valor acima

das demais (0,508), sendo esse um indicativo de maior variabilidade entre os indivíduos. Essa maior variação pode ser um indicativo de maior amplitude para seleção, e com isso, possibilita a identificação de genótipos transgressivos.

Genótipos que apresentam valores elevados de massa da panícula, tem se mostrado promissores para a produção de grãos. Em trabalho realizado por Caierão et al. (2006), os autores descrevem a seleção indireta realizada através desse caráter, e definem que esse procedimento é eficiente obtenção de genótipos mais produtivos. Trabalhos anteriores constataram a relação entre a MPAN e os caracteres determinantes ao rendimento de grãos, sendo o número de panículas por planta, número de grãos por panícula e massa de grãos (Benin et al., 2005).

O caráter índice de grãos (IG) está diretamente relacionado ao rendimento industrial da aveia branca, e associa-se ao tamanho e uniformidade dos grãos (Hawerth et al., 2015). Para a indústria o tamanho dos grãos caracteriza-se como de grande importância na definição da utilização como matéria prima, podendo ser utilizada para flocos, farelo ou farinha, desta maneira a uniformidade facilita os processos industriais, o desaristamento e o descasque (Luche, 2014).

Para esse caráter as combinações apresentaram distribuições de frequências variando de 0,24 a 0,98 g g⁻¹, valores observados nas combinações UPFA 22 x IAC 7 e para Albasul x UPFA 22 e Albasul x URS Guapa, respectivamente. De um modo geral a maior parte das combinações revelou valores intermediários e acima da média, com exceção das combinações UPFA 22 x URS Guapa e URS Guapa x IAC 7, que demonstraram tendência de agrupamento maior abaixo da média (Figura 2.2 D e 2.2 F, respectivamente).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2.3, as médias para as seis combinações foram 0,67; 0,69; 0,62; 0,59; 0,63 e 0,61 g g⁻¹. Os valores médios revelados são considerados baixos para a industrialização, pois o valor mínimo para a indústria de moagem é de 0,75 g g⁻¹, de modo geral, os genótipos presentes no mercado atualmente expressam valores elevados. Resultados similares aos obtidos por este trabalho foram encontrados por Gatto (2005), ao analisar os atributos qualitativos da aveia branca em 21 cultivares resultaram em média de 0,76 g g⁻¹. Por outro lado, foram reportados valores superiores à 0,80 g g⁻¹ em 22 cultivares elite de aveia branca por três safras agrícolas (Lângaro et al., 2014). Os resultados obtidos fundamentam a necessidade de identificar genótipos com maior relação de grãos

aptos para a industrialização, o que pode ser observado para todas as combinações, através das distribuições de frequências, sendo possível a identificação de ampla variação para o caráter, possibilitando a seleção com base no desempenho individual e nas combinações promissoras.

O valor mínimo observado foi apresentado pela combinação UPFA 22 x IAC 7 ($0,23 \text{ g g}^{-1}$) e máximos foram observados em todas as seis combinações, valor considerado elevado de $0,96 \text{ g g}^{-1}$. Essas medidas podem ser utilizadas como parâmetro de identificação de genótipos promissores a seleção, que aliados a massa da panícula, massa e número de grãos, podem ser complementares a seleção indireta, com o intuito de obter genótipos com elevado potencial produtivo e rendimento industrial superior (Caierão et al., 2001). Os coeficientes de variação demonstraram amplitude de 20,63 % para a combinação Albasul x URS Guapa a 26,57 % para UPFA 22 x URS Guapa. Diante disso, as magnitudes obtidas são consideradas intermediárias (Gomes, 1985).

Coeficientes de assimetria (S) positivos 0,22 e 0,24 foram evidenciados para as combinações UPFA 22 x URS Guapa e URS Guapa x IAC 7, respectivamente, os quais representam distribuições com tendência de agrupamento a esquerda da média do caráter (Tabela 2.3; Figura 2.2). A tendência de segregação observada para estas duas combinações difere no primeiro caso de ambos os genitores (Figura 2.2 D), já a segunda segue maior relação com o genitor IAC 7 (Figura 2.2 F). As demais combinações revelaram assimetria negativas, sendo, Albasul x UPFA 22 (-0,09), Albasul x URS Guapa (-0,19), Albasul x IAC 7 (-0,003) e UPFA 22 x IAC 7 (-0,08), o que representa valores a direita da média (Figura 2.2 A, 2.2 B, 2.2 C e 2.2 E). A tendência de segregação verificada para essas combinações, segue no sentido dos genitores UPFA 22, URS Guapa, IAC 7 e UPFA 22, respectivamente.

A curtose (K) revelou coeficientes negativos para todas as seis combinações, indicando distribuições planicúrticas, com maior heterogeneidade entre os genótipos para este caráter (Tabela 2.3 Figura 2.2). Esses coeficientes observados demonstram a existência de grande variação entre as plantas amostradas nos bulks respectivos a cada combinação.

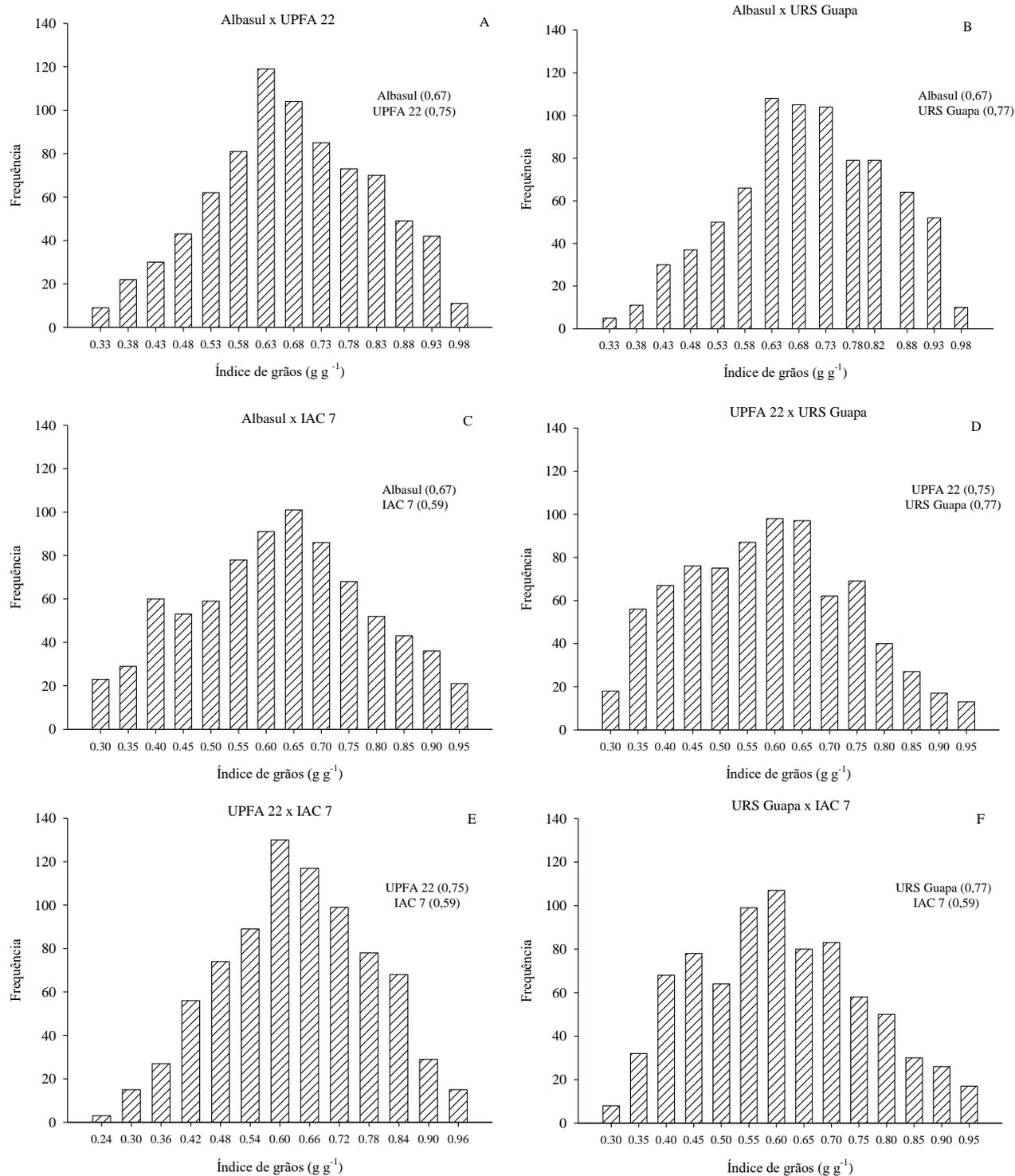


Figura 2.2 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter índice de grãos (IG, g g⁻¹), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas.

A espessura dos grãos é um caráter de elevada importância para a indústria beneficiadora de aveia branca, é utilizado como critério na seleção de genótipos com

maior rendimento industrial, pois evidencia a quantidade de grãos adequados quanto ao tamanho para os processos industriais (Griffiths, 2010). O aumento do rendimento de grãos está associado a massa de grãos, relação largura/tamanho, obtendo genótipos que apresentem valores elevados para o IG, podendo auxiliar na obtenção de cultivares elite de aveia branca (Luche, 2014). Valores superiores quanto ao tamanho dos grãos, estão associados a maiores produtividades e elevados rendimentos industriais, um caráter importante para a seleção indireta (Alves & Kist, 2010; Hawerth et al., 2015).

O rendimento de grãos (RG) caracteriza-se como o principal caráter almejado pelos programas de melhoramento genético, este apresenta herança quantitativa, sendo determinado por uma série de atributos do genótipo, características do ciclo de desenvolvimento, componentes diretos e indiretos relacionados ao caráter, habilidade em superar condições de estresse bióticos e abióticos, ambiente de cultivo e a interação genótipo x ambiente (Hawerth et al., 2014).

A distribuição de frequências para este caráter apresentou amplitude de 250 até 6600 kg ha⁻¹, para as combinações UPFA 22 x IAC 7 e Albasul x URS Guapa, respectivamente (Figura 2.3 F e 2.3 B). As combinações Albasul x UPFA 22, Albasul x URS Guapa, Albasul x IAC 7 e URS Guapa x IAC 7 apresentaram valores intermediários aos genitores. Já a combinação UPFA 22 x URS Guapa houve tendência de segregação para o genitor URS Guapa e a combinação UPFA 22 x IAC 7 revelou tendência de segregação em relação ao genitor IAC 7 (Figura 2.3 D 2.3 E).

Na Tabela 2.3 estão representadas as médias observadas em cada combinação (2846; 3040; 2548; 2302; 2577 e 2447 kg ha⁻¹). As duas primeiras combinações, sendo elas Albasul x UPFA 22 e Albasul x URS Guapa, foram as que apresentaram os melhores resultados e médias elevadas. A obtenção de genótipos com desempenho superior é uma busca constante no melhoramento, a qual demanda tempo e investimentos consideráveis. Para a aveia branca, não apenas o rendimento de grãos é importante para um genótipo ser promissor, mas também os atributos voltados a industrialização, a qualidade nutricional e sensorial, acarretando em boa aceitação pela indústria e mercado consumidor (Crestani, 2011; Luche, 2014; Hawerth et al., 2014).

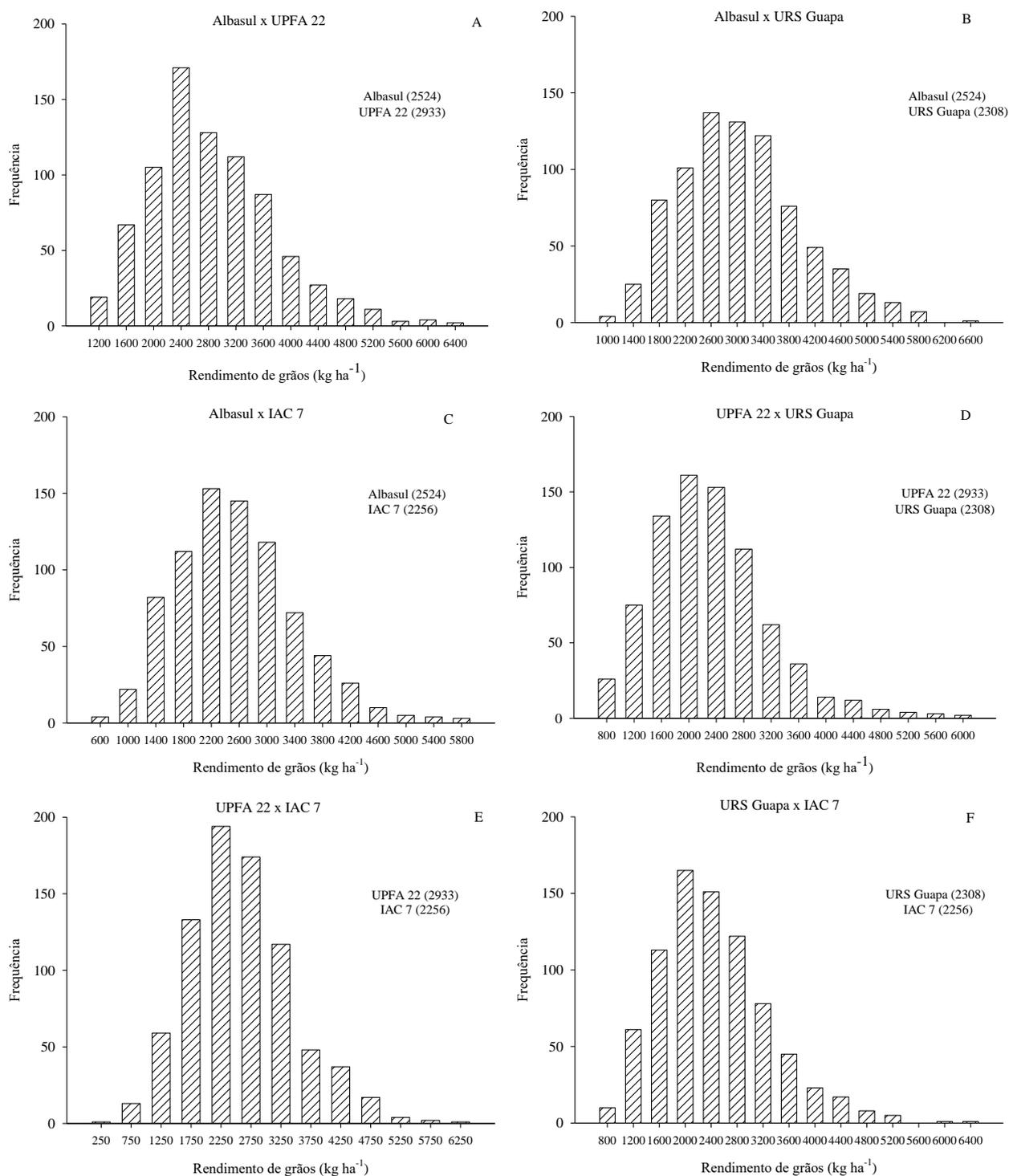


Figura 2.3 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o caráter rendimento de grãos (RG, kg ha⁻¹), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas.

Observou-se o valor mínimo de 225 kg ha⁻¹ e máximo de 6570 kg ha⁻¹ (Tabela 2.3), os quais correspondem as combinações UPFA 22 x IAC 7 e Albasul x URS Guapa, respectivamente. Os valores elevados verificados por meio da análise descritiva, podem ser utilizados na identificação de combinações promissoras. Segundo Cruz et al. (2014), a média de um caráter resultante da mensuração de um conjunto de indivíduos caracteriza-se como uma medida confiável do valor genotípico do genótipo, identificando estes com médias elevadas, pode resultar em genótipos superiores. Os coeficientes de variação demonstram amplitude de 31,15 % para Albasul x URS Guapa a 37,33 % com UPFA 22 x URS Guapa, a exceção desta última, as demais demonstraram valores classificados como intermediários (Gomes, 1985).

Os coeficientes de assimetria (S) observados foram positivos para todas as combinações, dessa forma, é possível constatar que a maioria das observações estão contidas a esquerda da média. A maior parte das combinações apresentaram tendência de segregação intermediária aos genitores, a exceção foi observada para a combinação UPFA 22 x URS Guapa, a qual tende ao genitor URS Guapa (Figura 2.3 D).

Quanto ao coeficiente (K) de curtose da mesma forma, todas as combinações apresentaram valores positivos, que é resultado de distribuições leptocúrticas, com maior concentração das observações próximas a média do caráter. Em análise de cinco genótipos de aveia branca por três anos consecutivos no mesmo ambiente, mostrou médias de 1365; 839 e 1450 kg ha⁻¹ (Nornberg et al., 2014). Diante disso, a utilização das estratégias de seleção e a segregação em diferentes ambientes de cultivo permite evidenciar que os *bulks* que compõe este trabalho, podem resultar na obtenção de genótipos com performance elevada. Porém, a identificação das melhores combinações, ainda é mais eficiente na seleção de famílias promissoras.

Apesar dos valores apresentados demonstrarem uma produtividade satisfatória para o ambiente de Capão do Leão-RS, médias de RG de 4443 a 6828 kg ha⁻¹ foram obtidas em Porto Alegre – RS, valor que representa o potencial produtivo da cultura em condições favoráveis, ressaltando a importância eminente do melhoramento na busca por genótipos adaptados as diversas condições de cultivo e a especificidade das regiões produtoras (Antonow, 2013).

O rendimento industrial (RI) corresponde a fração de grãos resultante da produtividade por unidade de área (kg ha^{-1}) e o índice industrial (índice de grãos x índice de descasque), determinando assim o potencial para o beneficiamento dos grãos. Este caráter possui herança complexa, associado a características ligadas ao rendimento de grãos, direta e indiretamente, influenciado da mesma forma que estes pelo ambiente (Luche, 2014; Crestani, 2010).

Quanto a este caráter as combinações apresentaram distribuições de frequências que variaram de 125 a 3900 kg ha^{-1} . As combinações Albasul x UPFA 22, Albasul x IAC 7, UPFA 22 x IAC 7 e URS Guapa x IAC 7 revelaram valores intermediários aos genitores. Apenas a combinação Albasul x URS Guapa, que revelou médias acima dos genitores e a combinação UPFA 22 x URS Guapa, que apresentou valores abaixo de ambos genitores (Figura 2.4 B e 2.4 D).

Segundo a Tabela 2.3 as médias apresentadas pelas seis combinações foram 1361; 1498; 1039; 1046; 1141 e 1050 kg ha^{-1} , respectivamente. Avanços nos índices de rendimento industrial podem ser alcançados quando são aliados dois atributos importantes no melhoramento da aveia branca, maiores rendimentos de grãos por área (kg ha^{-1}) e grãos com elevada qualidade de industrialização. Estudos demonstram que a maior proporção de grãos primários e secundários, pode melhorar a qualidade industrial, permitindo assim maiores desempenhos para o rendimento industrial (Alves & Kist, 2010).

A escolha adequada dos genitores e a determinação de critérios detalhados para a seleção, permite a obtenção de melhores resultados para o rendimento de grãos e rendimento industrial, tal como observado para a combinação Albasul x URS Guapa. Trabalhos de Crestani (2011) apontam que esta combinação é promissora e superior nas condições que a pesquisa foi realizada. Diversos caracteres podem estar relacionados com o RI, porém, destacam-se a massa de grãos e o número de grãos por panícula como determinantes na definição de genótipos com potencial superior para a industrialização, sendo estes caracteres indicados para a seleção indireta (Hawerth et al., 2015).

Os valores mínimos e máximos observados foram de 66 e 4061 kg ha^{-1} , para as combinações Albasul x IAC 7 e UPFA 22 x URS Guapa, respectivamente (Tabela 2.3). Os coeficientes de variação demonstram valores elevados, com amplitude de 42,88% (Albasul x URS Guapa) a 59,01 % (UPFA 22 x URS Guapa) (Gomes, 1985).

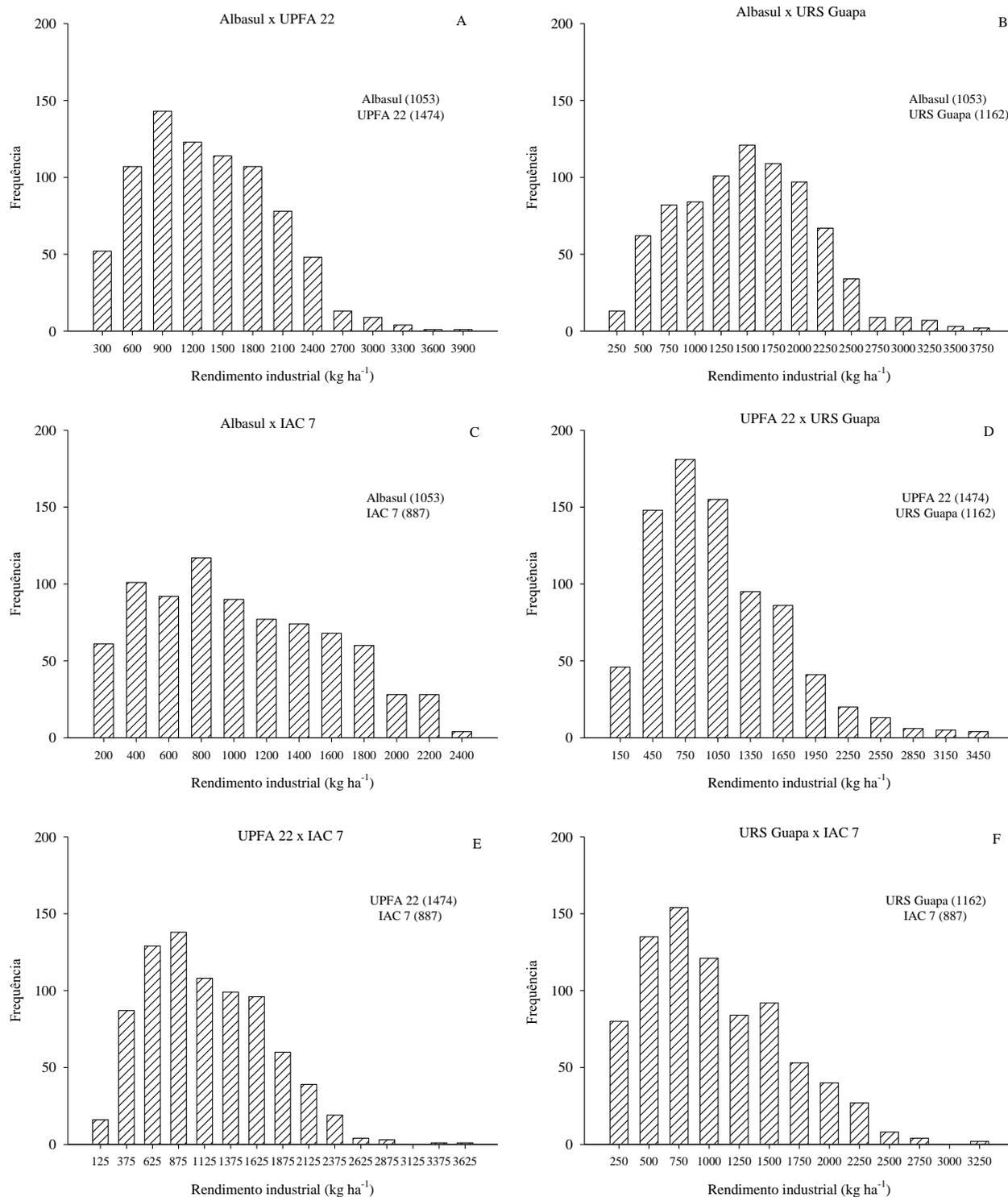


Figura 2.4 – Distribuição de frequências em *bulks* F₇ de aveia branca para o carácter rendimento industrial (RI, kg ha⁻¹), obtido a partir da amostragem e mensuração de 800 plantas.

Os coeficientes de assimetria (S) foram positivos para todas combinações (0,50; 0,32; 0,46; 1,08; 0,54 e 0,73), representam que as distribuições demonstraram tendência de agrupamento a esquerda da média. A tendência de segregação observada demonstrou comportamento intermediário em relação aos genitores, para todas as combinações (Tabela 2.3; Figura 2.4).

Os coeficientes de curtose (K) revelaram valores positivos as combinações UPFA 22 x URS Guapa, UPFA 22 x IAC 7 e URS Guapa x IAC 7 (1,51; 0,03 e 0,02), configurando distribuições leptocúrticas, com maior concentração de valores em torno da média (Figura 2.4 D, 2.4 E e 2.4 F). Já as combinações Albasul x UPFA 22, Albasul x URS Guapa e Albasul x IAC 7 apresentaram coeficientes K negativos (-0,09, -0,09 e -0,50), representando distribuições planicúrticas, com maior heterogeneidade entre os genótipos (Figura 2.4 A, 2.4 B e 2.4 C).

O rendimento industrial é fortemente influenciado pelo ambiente, com interação complexa, herança quantitativa, e determinado diretamente pelas características relacionadas ao rendimento de grãos, fato que acarreta em dificuldade na seleção de genótipos promissores. Para contornar esses obstáculos a seleção indireta vem sendo apontada como uma ferramenta eficaz, pois é baseada em caracteres com elevada herdabilidade e correlacionados genotípicamente aos caracteres de interesse (Luche, 2014; Crestani, 2011). Melhores resultados podem ser alcançados com a distinção dos efeitos de origem ambiental e genéticos, e também pela combinação dos caracteres correlacionados, como a massa de grãos, número de grãos por panícula e índice de grãos (Caierão et al., 2001; Caierão et al., 2006; Hawerth et al., 2015).

Na Tabela 2.4 são apresentados os resultados da análise de variância conjunta para os 48 *bulks*, genitores e testemunhas comerciais para as seis combinações. Pode ser verificado que todos os genótipos demonstraram diferença significativa para os quatro caracteres analisados.

Tabela 2.4 Análise da variância conjunta para 48 *bulks* de aveia branca selecionadas de forma natural em dois locais através de quatro estratégias de seleção, e os genitores e testemunhas comerciais, conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.

F.V.	GL	MPAN	IG	RG	RI
Bloco	2	0,287	0,010	314717,805	191870,105
Genótipo	53	0,167**	0,844**	319587,684**	182525,150**
Resíduo	106	0,050	0,231	74157,711	31474,065
CV(%)	-	10,400	6,783	10,412	14,628

F.V.= fonte de variação; GL= graus de liberdade; MPAN= massa da panícula; IG= índice de grãos; RG= rendimento de grãos; RI= rendimento industrial. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2.5 - Análise conjunta de agrupamento de médias para os caracteres de interesse agrônomo relacionados com o rendimento de grãos e rendimento industrial de grãos de aveia branca em *bulks* F₇ e genótipos conduzidos em Capão do Leão - RS no ano de 2014. Pelotas - RS, 2016.

Genótipos	MPAN	IG	RG	RI
Albasul	†2.02 b	0.67 a	2524 b	1049 c
UPFA 22	2.28 a	0.75 a	2933 a	1474 b
URS Guapa	1.88 b	0.77 a	2308 b	1166 c
IAC 7	1.77 b	0.59 b	2256 b	890 c
Barbarasul (T)	1.89 b	0.79 a	2413 b	1317 b
URS Taura (T)	1.73 b	0.69 a	2236 b	1090 c
Combinação 1: Albasul x UPFA 22				
(AP)-C1-SS	2.13 a	0.74 a	2751 a	1411 b
(AP)-C1-RGP	2.20 a	0.68 a	2862 a	1374 b
(AP)-C1-MPP	2.30 a	0.71 a	2971 a	1535 a
(AP)-C1-IG	1.95 b	0.77 a	2489 b	1251 b
(CL)-C1-SS	2.01 b	0.70 a	2571 b	1186 c
(CL)-C1-RGP	2.68 a	0.76 a	3525 a	1817 a
(CL)-C1-MPP	2.23 a	0.71 a	2884 a	1479 b
(CL)-C1-IG	2.08 b	0.77 a	2623 b	1279 b
Combinação 2: Albasul x URS Guapa				
(AP)-C2-SS	2.36 a	0.72 a	3034 a	1442 b
(AP)-C2-RGP	2.37 a	0.76 a	3034 a	1596 a
(AP) -C2-MPP	2.37 a	0.74 a	3070 a	1575 a
(AP)-C2-IG	2.13 a	0.79 a	2745 a	1492 b
(CL)-C2-SS	2.42 a	0.71 a	3133 a	1556 a
(CL)-C2-RGP	2.56 a	0.73 a	3367 a	1722 a
(CL)-C2-MPP	2.35 a	0.73 a	3072 a	1544 a

Continua...

				Continuação...
(CL)-C2-IG	2.45 a	0.74 a	3145 a	1489 b
Combinção 3: Albasul x IAC 7				
(AP)-C3-SS	1.88 b	0.55 c	2423 b	884 c
(AP)-C3-RGP	1.94 b	0.60 b	2436 b	858 c
(AP)-C3-MPP	2.25 a	0.67 a	2850 a	1151 c
(AP)-C3-IG	2.08 b	0.66 b	2717 a	1295 b
(CL)-C3-SS	1.90 b	0.57 c	2465 b	951 c
(CL)-C3-RGP	1.96 b	0.54 c	2483 b	855 c
(CL)-C3-MPP	1.98 b	0.62 b	2517 b	948 c
(CL)-C3-IG	1.92 b	0.61 b	2479 b	1042 c
Combinção 4: UPFA 22 x URS Guapa				
(AP)-C4-SS	1.94 b	0.73 a	2464 b	1266 b
(AP)-C4-RGP	1.90 b	0.75 a	2358 b	1149 c
(AP)-C4-MPP	1.67 b	0.74 a	2102 b	1001 c
(AP)-C4-IG	1.77 b	0.75 a	2229 b	1159 c
(CL)-C4-SS	1.77 b	0.67 a	2196 b	1000 c
(CL)-C4-RGP	1.75 b	0.71 a	2210 b	1064 c
(CL)-C4-MPP	1.81 b	0.76 a	2298 b	1251 b
(CL)-C4-IG	2.05 b	0.75 a	2626 b	1390 b
Combinção 5: UPFA 22 x IAC 7				
(AP)-C5-SS	1.91 b	0.67 a	2405 b	1013 c
(AP)-C5-RGP	2.13 a	0.54 c	2706 a	929 c
(AP)-C5-MPP	2.24 a	0.74 a	2862 a	1432 b
(AP)-C5-IG	1.86 b	0.73 a	2333 b	1153 c
(CL)-C5-SS	1.96 b	0.63 b	2542 b	1097 c
(CL)-C5-RGP	1.82 b	0.52 c	2299 b	817 c
(CL)-C5-MPP	2.29 a	0.71 a	2923 a	1449 b
(CL)-C5-IG	2.02 b	0.74 a	2615 b	1193 c
Combinção 6: URS Guapa x IAC 7				
(AP)-C6-SS	1.84 b	0.67 a	2361 b	1001 c
(AP)-C6-RGP	2.10 b	0.51 c	2662 b	889 c
(AP)-C6-MPP	1.94 b	0.65 b	2477 b	1044 c
(AP)-C6-IG	2.18 a	0.73 a	2830 a	1326 b
(CL)-C6-SS	2.05 b	0.62 b	2647 b	1148 c
(CL)-C6-RGP	1.92 b	0.66 b	2416 b	1007 c
(CL)-C6-MPP	1.78 b	0.64 b	2276 b	995 c
(CL)-C6-IG	1.65 b	0.72 a	2084 b	1017 c

AP= Augusto Pestana - RS; CL= Capão do Leão – RS; (T)= testemunha comercial; SS = *bulk* sem seleção; RGP = *bulk* de seleção por rendimento de grãos por planta; MPP = *bulk* de seleção por massa da panícula principal; IG = *bulk* de seleção por índice de grãos maiores que dois milímetros; †= médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem segundo Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A Tabela 2.5 apresenta a análise conjunta de médias, para os 48 bulks obtidos de seis combinações e quatro estratégias de seleção, conjuntamente com os genitores e testemunhas comerciais. Para a combinação Albasul x UPFA 22, os genitores apresentaram valores de destaque apenas para o genitor UPFA 22 quanto a massa da panícula e ao rendimento de grãos (2,28 g; 2933 kg ha⁻¹, respectivamente). Os bulks resultantes deste cruzamento revelaram superioridade em relação a massa da panícula em diferentes estratégias de seleção. Os bulks (AP)-C1-SS; (AP)-C1-RGP; (AP)-C1-MPP; (CL)-C1-RGP e (CL)-C1-MPP evidenciaram uma tendência superior tanto a massa da panícula (MPAN), quanto ao rendimento de grãos, agrupando-se ao genitor de melhor desempenho UPFA 22, e superior as duas testemunhas comerciais Barbarasul e URS Taura.

Ainda para essa combinação, merecem destaque os bulks (AP)-C1-MPP e (CL)-C1-RGP, por apresentarem médias elevadas quanto ao rendimento de grãos, conseqüentemente com maior destaque no caráter rendimento industrial, com médias de 1535 e 1817 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses valores são superiores a ambos genitores e testemunhas comerciais.

O rendimento de grãos está intimamente relacionado ao rendimento industrial, e pode ser utilizado conjuntamente com o índice de grãos visando a seleção de genótipos superiores para esse caráter, o qual apresenta correlação positiva de relação causal (Hawerth et al., 2015). Diante disso, o ambiente possui importante relação na seleção de genótipos superiores, em condições favoráveis de cultivo favorecem alguns genótipos, e podem apresentar adaptação ampla entre ambientes (Falconer, 1964).

A combinação Albasul x URS Guapa revelou elevadas magnitudes para todos os caracteres, se destacando dos demais com excelente performance (Tabela 2.5). Os genitores dessa combinação apresentaram médias intermediárias, com destaque apenas para o genótipo UPFA 22 para a massa da panícula (2,28 g) e rendimento de grãos (2933 kg ha⁻¹). Quanto ao caráter massa da panícula (MPAN) todos os bulks apresentaram resultados semelhantes, que proporcionaram agrupamento destes com o genitor UPFA 22.

Para o caráter rendimento de grãos (RG) a mesma tendência foi observada com valores elevados, levando ao maior destaque desta combinação perante as demais. Evidencia-se que para todos os genótipos superiores quanto ao rendimento

de grãos, foram também superiores quanto a massa da panícula. Resultados semelhantes foram descritos por Caierão et al. (2006), onde os genótipos selecionados por este caráter e conduzidos em três ambientes, revelaram resultados satisfatórios. Magnitudes elevadas para o caráter massa da panícula foram relacionados também, com maior rendimento de grãos e rendimento industrial, corroborando com os resultados deste trabalho (Hartwig et al., 2006).

Para a combinação Albasul x IAC 7, foram observadas médias para os genitores intermediárias, com destaque apenas para o índice de grãos para o genitor Albasul ($0,67 \text{ g g}^{-1}$). Dentre as progênies desta combinação, observou-se valores superiores apenas para o bulk (AP)-C3-MPP para o caráter massa da panícula (2,25 g) e rendimento de grãos (2850 kg ha^{-1}). Também demonstrou média superior o bulk (AP)-C3-IG, apenas para o caráter rendimento do grãos, com média de 2717 kg ha^{-1} . De um modo geral os bulks oriundos desta combinação, foram semelhantes em todos os caracteres quanto ao desempenho de ambos genitores.

Mais uma vez, o bulk que foi selecionado inicialmente quando a massa da panícula, foi superior quanto ao rendimento de grãos, e pode ser considerado eficiente na obtenção de genótipos superiores, como já foi observado em outros estudos (Caierão et al., 2006).

A combinação UPFA 22 x URS Guapa revelou uma maior tendência dos *bulks* se assemelhem ao genitor URS Guapa para todos os caracteres. Em relação as testemunhas comerciais, nenhum destes genótipos apresentou resultados superiores, notoriamente não resultando em destaque para a combinação.

A combinação UPFA 22 x IAC 7 revelou que os bulks superiores para o caráter massa da panícula (MPAN), também o foram para o caráter rendimento de grãos. Esses bulks assemelham-se ao genitor de melhor desempenho, UPFA 22 que apresentou média para MPAN de 2,28 g e para RG de 2933 kg ha^{-1} . Os *bulks* superiores quanto a massa da panícula, seguem a mesma tendência de outros trabalhos, onde, ao mesmo tempo foram superiores ao rendimento de grãos (Valério et al., 2009).

As demais constituições genéticas revelaram maior semelhança no desempenho quanto ao genitor IAC 7, com médias intermediárias para todos os caracteres.

Para a combinação URS Guapa x IAC 7 apenas o *bulk* selecionados quanto ao índice de grãos em Augusto Pestana- RS foi superior aos genitores e testemunhas comerciais, em todos os caracteres. Os demais apresentaram resultados muito semelhantes aos genitores e não superando as testemunhas.

A diferença observada para o *bulk* (AP)-C6- IG é justificável devido as condições diferenciadas em cada ambiente a que foram expostas. Genótipos com maior capacidade competitiva, elevam suas frequências, e resultam em uma proporção maior de descendentes na próxima geração (Allard,1971). Os alelos selecionados via seleção natural, demonstraram eficiência competitiva e adaptação, os quais determinaram conjuntos de genótipos superiores (Falconer, 1964).

Uma relação que pôde ser observada para os bulks superiores para massa da panícula (MPAN), os mesmos foram superiores quando ao rendimento de grãos (RG) (Tabela 2.5). Outra relação importante pode ser evidenciada para o rendimento industrial (RI), genótipos que aliaram rendimento de grãos superior e seguido de superioridade quanto ao índice de grãos, evidenciaram notável destaque quanto ao rendimento industrial (Tabela 2.5). A pequena diferença para o índice de grãos não proporcionou grandes modificações no rendimento industrial, porém esse é um caráter muito importante na definição do potencial industrial, e deverá ser considerado no momento da seleção de genótipos promissores (Benin et al., 2003).

Essa relação diz respeito ao que já foi observado para o tamanho de grãos, sendo que, grãos com maior massa e dimensões tendem a incrementar a massa de grãos e o aproveitamento industrial (Antonow, 2013).

A maioria das diferenciações obtidas neste trabalho corroboram com as obtidas por Luche (2014), contudo, as tendências de superioridade foram observadas nos referidos ambientes e para os mesmos *bulks*, e indica que seleção natural atua conjuntamente a seleção artificial para obtenção de genótipos superiores.

Apenas os *bulks* da combinação Albasul x URS Guapa, resultaram em desempenho proporcionalmente igual, superando inclusive os dois genitores e testemunhas comerciais. Esses resultados indicam a ocorrência de complementariedade alélica superior, constituindo em maior proporção de genótipos transgressivos para massa da panícula, rendimento de grãos e rendimento industrial.

Dos *bulks* que apresentaram diferenças entre as estratégias de seleção, se destacam as combinações Albasul x UPFA 22, UPFA 22 x IAC 7 e URS Guapa x IAC

7. Em todos os casos tanto bulks selecionados em Augusto Pestana – RS quanto em Capão do Leão – RS apresentaram resultados satisfatórios. Esses bulks foram superiores aos demais, e são indicados para compor as próximas gerações do programa de melhoramento genético de aveia branca.

2.4 Conclusões

Respostas diferenciais entre as combinações podem ser obtidas com a utilização de estratégias e ambientes de seleção, e possibilita a obtenção de genótipos com potencial genético superior.

O desempenho superior para massa da panícula proporciona maior rendimento de grãos e pode ser levada em consideração na seleção.

O aumento no rendimento industrial passa pela obtenção de genótipo com potencial produtivo superior aliado ao maior índice de grãos.

A escolha dos genótipos é determinante para o desempenho dos indivíduos segregantes, pois a melhor complementariedade alélica, possibilita a obtenção de recombinantes superiores independentemente do ambiente de seleção.

2.5 Referências bibliográficas

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

ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espiguetta de aveia branca (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.29-33, 2010.

AMARAL, A.L.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. et al. Estimativa da herdabilidade para os caracteres adaptativos ciclo e estatura de planta em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.33-37, 1996.

ANTONOW, D. **Determinação de caracteres associados à qualidade física e eficiência de descasque dos grãos de aveia (*Avena sativa* L.)**. 2013. 161f.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ARAUS, J. L. et al. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 6, p. 377-412, 2008.

BENIN, G. et al. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista brasileira de agrociência**, v. 9, n. 1, p. 09-16, jan./mar. 2003.

BENIN, G. et al. Estimativas de correlações genotípicas e de ambiente em gerações com elevada frequência de heterozigotos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 523-529, mai./jun. 2005.

CAIERÃO, E.; CARVALHO, F. I. F. de; PACHECO, M. T.; LONRECETTI, C.; MARCHIORO, V. S.; SILVA, J. G. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência rural**, Santa Maria, v 31, n.2, p 231-236, 2001.

CAIERÃO, E.; CARVALHO, F.I.F; FLOSS, E.L. Seleção indireta para o incremento do rendimento de grãos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1126-1131, 2006.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004, 142p.

CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M. da; NETO, J. F. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**. V.11, n.3, p.1-15, 2012.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V.3 n. 5 Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 10 de fevereiro de 2016.

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)–Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

CRUZ, Comes Damião. **Programa GENES: Estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285 p.

CRUZ, C.D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. V.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v. 2, 3.ed. Viçosa: UFV, 2014, 668p.

DOEHLERT, D. C.; McMULLEN, M. S.; HAMMOND, J. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1066-1072, 2001.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006, 306 p.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Tradução de SILVA, M. de A. e; SILVA, J. C. 1 ed. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1964. 279 p.

FEDERIZZI, L. C. et al. Variabilidade fenotípica de diferentes para caracteres da panícula em aveia (*Avena sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 223-229, 1995.

FEDERIZZI, L. C. et al. Importância da cultura da aveia. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de. (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, p. 44-53.

GATTO, L. **Dissimilaridade genética e análise de trilha quanto a características físicas e químicas do grão de aveia branca**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 11 ed., Piracicaba. 1985. 466p.

GRIFFITHS, Irene. Dissecting the yield components of oats (*Avena sativa*). **AHDB Cereals & Oilseeds**, PhD Summary Report No. 16, mar. 2010.

HAWERROTH, M. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. A. G. da; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de. **Importância e dinâmica de caracteres na Aveia Produtora de Grãos**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, ISSN: 1516-8840, 2014.

HAWERROTH, M. C. et al. Correlations among industrial traits in oat cultivars grown in different locations of Brazil. **Australian journal of crop science**, v. 9, n. 12, p. 1182-1189, dez. 2015. ISSN:1835-2707

HARTWIG, I. et al. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamentos dialélicos de aveia branca. **R. Bras. Agrociência**, v. 12, n. 3, p. 273-278, jul./set. 2006.

LÂNGARO, N. C. et al. Cultivares de aveia, qualidade de sementes e implantação da cultura. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de. (Orgs.). **Indicações técnicas**

- para a cultura da cultura da aveia.** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, p. 44-53.
- LORENCETTI, C. et al. Applicability of phenotypic and canonic correlations and path coefficients in the selection of oat genotypes. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 11-19, jan./fev. 2006.
- LUCHE, H. de S. **Estratégias na seleção de genótipos superiores de aveia branca.** 2014. 77 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- MARCHIORO, V. S. et al. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira de agrociência**, v. 9, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2003.
- NORNBERG, R.; RIBEIRO, G.; SILVEIRA, G.; LUCHE, H. S.; BARETTA, D.; TESSMANN, E. W.; WOYANN, L. G.; OLIVEIRA, A. C de. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de aveia branca. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 181-190, 2014.
- RAPOSO, F.V.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.10, p.1991-1997, 2000
- SAS. **SAS Software.** Version 9.3. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v.52, n.3/4, 1965.
- SIGMAPLOT – **Scientific Graphing Software.** Version 10.0. 2007.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 3ªed. New York: McGraw Hill Book, p.666, 1997.
- VALÉRIO, I. P. et al. Estabilidade da produção e da capacidade de combinação de diferentes populações de aveia. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 331-346, abr./jun. 2009.

**CAPÍTULO 3 – CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS
ASSOCIADOS AO RENDIMENTO INDUSTRIAL DA AVEIA BRANCA**

Correlações entre caracteres agrônômicos associados ao rendimento industrial da aveia branca

Resumo – As correlações de origem genética podem auxiliar nesse processo. Correlações canônicas possibilitam inferir entre as associações de dois conjuntos de caracteres independentes. O trabalho foi desenvolvido em 2014, utilizando 54 *bulks* de aveia branca, em blocos ao acaso, com três repetições. O foi identificar correlações lineares fenotípicas, genéticas e ambientais, e as correlações canônicas na identificação de caracteres para seleção indireta. A seleção para ciclo deverá adequar o melhor período para definição do potencial produtivo e enchimento de grãos. A massa da panícula e massa do hectolitro são caracteres promissores para seleção indireta. Os caracteres índice de grãos, índice de descasque e número de grãos por panícula poderão ser levados em consideração para elevar a qualidade industrial.

Palavras chave: *Avena sativa* L., correlação linear, correlação canônica, qualidade de grãos, seleção indireta.

Abstract – The correlations of genetic origin can assist this process. Canonical correlations allow infer on the associations between two different groups of independent traits. This work was carried out in 2014, using 54 oat bulks, in a randomized complete block design, with three replications. The aim of the research was to identify phenotypic, genetic and environmental linear correlations, and the canonical correlations for the identification of traits for indirect selection. The selection for cycle should adjust the best period to define the productive potential and grain filling. Panicle weight and mass of hectoliter are promising traits to indirect selection. The traits of grain and husking index and number of grains per panicle can be taken into consideration to improve industrial quality.

Key words: *Avena sativa* L., linear correlation, canonic correlation, grain quality, indirect selection.

3.1 Introdução

As relações entre os caracteres possibilitam aos programas de melhoramento genético nortear as seleções que tem por objetivo melhorar um único caráter ou até mesmo um grupo de caracteres, os quais podem apresentar problemas quanto a mensuração ou herdabilidade reduzida (Hartwig et al., 2007). A análise de correlação permite identificar as características que se inter-relacionam, revelar as tendências das associações, e dirigir estratégias de seleção eficazes de forma direta ou indireta.

A correlação apresenta o grau de associação linear entre dois caracteres (Carvalho et al., 2004). As correlações fenotípicas são resultantes de mensurações de um conjunto de caracteres, determinados em certo número de indivíduos, mas sua interpretação de forma singular não representa uma associação confiável para a seleção. Os efeitos fenotípicos expressos para os caracteres são de origem genética e ambiental, contudo, apenas as causas genéticas apresentam-se herdáveis, sendo fundamental determinar estas correlações, e representar uma informação acurada para identificar quais caracteres podem ser visados para a seleção (Carvalho et al., 2004; Cruz et al., 2012). Correlações genéticas e o conhecimento das magnitudes das herdabilidades, apresentam-se essenciais ao melhoramento genético (Benin et al., 2005).

A utilização de um caráter para seleção direta ou indireta, deve estar embasado em uma elevada herdabilidade e ser correlacionado geneticamente ao caráter de interesse (Falconer, 1981). A correlação genética é causada pela pleiotropia e por ligações gênicas. Diante disso, o efeito pleiotrópico resulta na ação de um determinado gene na expressão de dois caracteres simultaneamente (Falconer & Mackay, 1996), em contrapartida, as ligações gênicas apresentam-se transitórias, onde dois ou mais genes apresentam-se ligados e responsáveis, cada um, pela expressão de uma característica. Contudo, estas ligações podem ser quebradas com o aumento do número de indivíduos estudados, em virtude do processo de recombinação gênica (*crossing-over*), podendo levar a separação de ligações genicas causadoras de correlações (Falconer, 1981; Cruz et al., 2012).

No melhoramento genético, as correlações de origem genética são mais importantes, principalmente quando os caracteres mensurados apresentam herança

complexa, sendo governados por vários genes, e cada gene tem pequeno efeito ao caráter, e altamente influenciado pelo ambiente (Marchioro et al., 2003).

O desmembramento das correlações lineares permite evidenciar verdadeiramente o grau de associação entre os caracteres de interesse, determinando as inter-relações de causa e efeito, diante disso, as correlações canônicas permitem inferir estas inter-relações entre dois conjuntos de caracteres (Cruz et al., 2012). A correlação canônica possibilita compreender a relação entre grupos de caracteres, maximizar as relações entre os grupos, permitir a seleção conjunta de mais caracteres dependentes, com o intuito de direcionar a seleção indireta de caracteres com baixa herdabilidade, através de caracteres correlacionados de elevada herdabilidade, e fácil mensuração (Cruz et al., 2012).

Dada a importância da compreensão das inter-relações entre caracteres ao melhoramento genético da aveia branca, este estudo teve por objetivo identificar as correlações lineares fenotípicas e genéticas entre os caracteres de importância agrônômica, e as correlações canônicas para determinar caracteres de interesse para a seleção indireta visando o rendimento de grãos e industrial em aveia branca.

3.2 Material e métodos

O trabalho teve início no ano de 2008 através dos cruzamentos em esquema de dialelo parcial, com a utilização de quatro genótipos de aveia branca, sendo estes: Albasul, UPFA 22, URS Guapa, e IAC 7, estas ranqueadas entre as principais cultivares de aveia branca no Brasil. Realizou-se o avanço de geração ($F_1 \rightarrow F_2$) na safra agrícola 2008/2009, as sementes obtidas geraram as populações F_2 sendo estas semeadas no arranjo de planta espaçada (30 x 30 cm). Foram utilizados 150 genótipos por cruzamento realizado (Albasul x UPFA 22, Albasul x URS Guapa, Albasul x IAC 7, UPFA 22 x URS Guapa, UPFA 22 x IAC 7 e URS Guapa x IAC 7), as plantas foram conduzidas no campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento da Universidade Federal de Pelotas.

As plantas contidas nas populações F_2 foram colhidas e trilhadas separadamente, desta forma, utilizou-se como critérios de seleção para compor a geração futura os genótipos que obtiveram superioridade ao rendimento de grãos por planta (RGP), massa da panícula principal (MPP) e índice de grãos maior que dois

milímetros (IG), manteve-se um *bulk* sem seleção (SS), totalizando quatro estratégias de seleção.

Empregou-se uma pressão de seleção de 10% ($i= 1,75$) nas populações F₂. Realizou-se avanço da geração F₃ a F₄ com intuito de aumentar a quantidade de sementes e viabilizar o estudo. No inverno dos anos agrícolas de 2011, 2012 e 2013 as 6 combinações foram conduzidas em dois ambientes, totalizando 24 *bulks*. Sendo estes: Capão do Leão – RS localizado na latitude de 31° 47' 58"S e longitude 52° 31' 02"O, com altitude de 13 metros. O solo é classificado como Argissolo vermelho amarelo distrófico (Santos, 2006), e Augusto Pestana – RS é localizado na latitude 28° 27' 15"S e longitude 53° 54' 25"O, com altitude de 328 metros, o solo classificado como Latossolo vermelho distroférico típico (Santos, 2006). Para ambos os ambientes o clima caracteriza-se como por Köppen como *Cfa* subtropical.

Em 2014 implantou-se a geração F₇ a campo, utilizando os 24 *bulks* oriundos do ambiente Capão do Leão – RS e 24 *bulks* oriundos do ambiente Augusto Pestana – RS, totalizando 48 *bulks*, juntamente anexou-se as cultivares genitoras (Albasul, UPFA 22, URS Guapa e IAC 7) e as testemunhas comerciais (Barbarasul e URS Taura). O ensaio foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com 54 tratamentos dispostos em três repetições, seguindo as recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia Branca (Lângaro et al., 2014).

A unidade experimental foi constituída por cinco linhas com cinco metros (m) de comprimento, espaçadas por 0,17 m. Apenas as linhas centrais foram colhidas, totalizando área útil 2,5 m². A densidade populacional empregada para todos os genótipos foi de 300 sementes aptas por m². Empregou-se o sistema de semeadura direta, com adubação de base de 400 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 05-20-20, e a adubação de cobertura foi realizada com 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de Ureia ((NH₂)₂CO) no afilhamento. O controle de plantas daninhas, insetos-praga e fitossanitários foram realizados de modo a minimizar as interferências bióticas no experimento.

Os caracteres avaliados neste ensaio foram: dias para o florescimento (DF), em unidades, dias decorrentes entre a semeadura até a emissão de 50% das panículas na unidade experimental; período reprodutivo (PR), em unidades, dias do florescimento até maturação fisiológica; número de afílhos férteis (NAF), em unidades, aferiu-se o número de afílhos que emitiram panícula em um metro linear;

estatura das plantas (EST), em centímetros, mensurada a medida entre o nível do solo até o ápice da panícula; massa de mil grãos (MMG), em gramas, obtida pela massa de 200 grãos, em cinco subamostras, convertidas individualmente para mil grãos, posteriormente obteve-se a média aritmética por unidade experimental; massa do hectolitro (PH), em kg hL^{-1} , obtida pela amostragem dos grãos colhidos na unidade experimental; índice de grãos (IG), em g g^{-1} , obtido através da relação entre a massa de grãos maiores que dois milímetros e a massa total de grãos; índice de descasque (ID), em g g^{-1} , obtido pela relação entre a massa das cariopses e a massa de grãos maiores que dois milímetros; massa da panícula (MPAN), em gramas, massa média das panículas amostradas aleatoriamente na unidade experimental, e estratificadas em conjuntos de 40, 30, 30 panículas, totalizando 100 panículas por genótipo estudado; rendimento de grãos (RG), kg ha^{-1} , aferido através da massa de grãos colhidas na unidade experimental. Posteriormente, efetuou-se a razão entre a massa de grãos e o número de plantas colhidas por unidade experimental, os resultados obtidos foram ajustados para 13% de umidade e após para a densidade populacional empregada, resultados em kg ha^{-1} (Lângaro et al., 2014); rendimento industrial de grãos (RI), kg ha^{-1} , obtido através do ajuste do rendimento de grãos e o índice industrial (índice de grãos x índice de descasque) (Luche, 2014).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, com intuito de verificar suas pressuposições, normalidade por Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) e homogeneidade das variâncias por Bartlett (Steel et al., 1997). Posteriormente, realizou-se análise de correlação linear fenotípica e genética com o intuito de revelar tendência de associação entre os caracteres. Para a correlação fenotípica utilizou-se o teste *t* para determinar a significância, para a correlação genética a significância foi determinada por *Bootstrap* (número de simulações= 10.000). Após, a matriz fenotípica foi submetida ao diagnóstico de multicolinearidade por meio do número de condições da matriz (NC), e em seguida realizou-se análises de correlações canônicas, e a significância entre os grupos de caracteres foi determinada pelo teste de qui-quadrado (Cruz et al., 2012).

Os grupos canônicos foram estabelecidos a partir dos caracteres morfológicos (grupo I) e dos componentes de produção (grupo II). O grupo 1 foi composto pelos caracteres DF, PR, NAF e EST; enquanto o grupo 2 foi composto por MMG, PH, IG,

ID, MPAN, NGPAN, RG e RI. Também foram estabelecidos grupos canônicos entre os caracteres rendimento industrial (grupo I) e caracteres da qualidade de grãos da aveia branca. O grupo 1 foi composto pelos caracteres RG e RI; enquanto o grupo 2 foi composto por MMG, PH, IG, ID, MPAN e NGPAN (Cruz et al., 2012). Foi utilizado para as análises o software estatístico Genes (Cruz, 2013).

3.3 Resultados e discussão

A análise de variância revelou interação significativa a 5% de probabilidade para todos os caracteres. Desse modo, todos foram utilizados para compor a análise de correlações lineares.

As correlações são ferramentas importantes na definição de estratégias eficientes para que a seleção, possa resultar em ganhos expressivos aos caracteres de interesse no melhoramento genético (Cruz et al., 2014). Foram realizadas às associações lineares através de 13 caracteres agrônômicos aferidos em 54 *bulks* de aveia branca (Tabela 3.1), o que resultou em 162 observações amostrais (n).

A correlação linear revelou um total de 61 associações, onde 29 associações fenotípicas (r_p) e 32 associações genotípicas (r_g). Constatou-se que todas as associações r_p e r_g mantiveram as magnitudes e sentido similares. Observou-se que na maioria das associações, a correlação genotípica revelou valores superiores a correlação fenotípica, corroborando com resultados obtidos por Benin et al. (2003), Marchioro et al. (2003), Crestani et al. (2010), Silveira (2015).

Os coeficientes de correlação linear são classificados como: nulos ($r=0,00$); baixos ou fracos ($r=0,00$ a $r=0,30$); médios ou intermediários ($r=0,30$ a $r=0,60$); altos ou fortes ($r=0,60$ a $r=1,00$) de acordo com Carvalho et al. (2004).

O caráter dias para o florescimento (DF) evidenciou associação positiva e de magnitude elevada com o caráter massa da panícula (MPAN) ($r_p=0,575$ $r_g=0,733$), número de grãos por panícula (NGPAN) ($r_p=0,581$ $r_g=0,731$) e massa de grãos por panícula (MGPAN) ($r_p=0,555$ $r_g=0,693$), segundo a Tabela 3.1. Pesquisas em melhoramento genético proporcionaram a redução do ciclo da aveia branca, principalmente em função dos ciclos de produção que priorizam a cultura de verão, sendo na maioria das vezes mais rentável (Barbosa Neto et al., 2000). A redução do ciclo total foi acompanhada pela redução dos dias para o florescimento e do período

reprodutivo, sendo que o ciclo completo aparentemente é mais estável, porém, existe um fator de compensação entre o período vegetativo e o reprodutivo, onde a cultura apresenta a capacidade plástica de modificar-se conforme as condições de ambiente. Períodos vegetativos mais longos possibilitam a melhor definição dos componentes de rendimento, como a massa da panícula, número de grãos por panícula e a massa de grãos por panícula, busca-se períodos vegetativos e reprodutivos regulares para proporcionar o enchimento de grãos eficiente (Hartwig et al., 2007).

Quanto ao período reprodutivo (PR), este apresentou correlações intermediárias com a massa do hectolitro (PH) com $r_p=0,618$ e $r_g=0,744$ e índice de descasque (ID) com $r_p=0,501$ e $r_g=0,706$. Este caráter não apresentou correlação significativa com caracteres massa da panícula (MPAN), número de grãos por panícula (NGPAN), massa de grãos por panícula (MGPAN) e rendimento de grãos (RG). Estimativas de correlação não significativas ou com sentidos não uniformes podem ser decorrentes da ausência de linearidade da resposta entre os caracteres, possivelmente com incremento de observações amostrais e ambientes mais estáveis as associações lineares esperadas seriam evidenciadas (Cruz et al., 2012).

Estudos de Benin et al. (2003) indicaram a existência de relação entre o período reprodutivo (PR) com o rendimento de grãos e a massa do hectolitro. Um período prolongado para o enchimento de grãos, possibilita a maior e mais eficiente translocação de fotoassimilados para os grãos. Dinâmica similar é atribuída ao índice de descasque (ID), que aumenta na mesma proporção em que os grãos apresentam maior uniformidade estando estes bem desenvolvidos. O comprimento dos grãos é definido até o oitavo dia após a antese e a largura dos grãos é determinada durante todo o período de enchimento de grãos, sendo este caráter determinante para a qualidade dos grãos e processamento da indústria (Murphy & Frei, 1962). A tendência observada atualmente, objetiva menor período vegetativo e incremento ao período reprodutivo destinado ao enchimento de grãos (Hawerth et al., 2014).

Tabela 3.1 - Coeficientes de correlações fenotípicas (r_p) e genotípicas (r_g) para 13 caracteres de interesse agrônomo em 54 *bulks* de aveia branca. Pelotas, RS - 2016.

		DF	PR	NAF	EST	MMG	PH	IG	ID	MPAN	NGPAN	MGPAN	RG	RI
DF ^(†)	r_p	-	0,105	-0,028	0,051	0,076	0,133	0,223	0,133	0,575**	0,581**	0,555**	0,340*	0,339*
	r_g	-	0,176	-0,032	0,056	0,069	0,137	0,253*	0,143	0,733**	0,731**	0,693**	0,367**	0,372**
PR	r_p	-	0,081	0,094	0,101	0,618**	0,087	0,501**	0,121	0,027	0,150	0,245	0,269*	
	r_g	-	0,092	0,106	0,095	0,744**	0,086	0,706**	0,165	0,044	0,198	0,289	0,309**	
NAF	r_p	-	-0,187	-0,156	0,100	-0,008	0,181	-0,283*	-0,229	-0,280*	-0,155	-0,088		
	r_g	-	-0,192	-0,171	0,110	-0,004	0,227	-0,332*	-0,264	-0,322*	-0,159	-0,089		
EST	r_p	-	0,222	0,112	0,000	0,073	0,292*	0,128	0,281*	0,163	0,149			
	r_g	-	0,277	0,111	0,011	0,072	0,351*	0,152	0,332*	0,172	0,162			
MMG	r_p	-	0,113	0,373**	0,115	0,190	0,004	0,182	-0,076	0,050				
	r_g	-	0,078	0,440**	0,162	0,274	0,024	0,253	-0,082	0,073				
PH	r_p	-	0,024	0,561**	0,111	-0,030	0,130	0,434**	0,417**					
	r_g	-	0,046	0,684**	0,123	-0,028	0,142	0,471**	0,465**					
IG	r_p	-	0,283*	0,297*	0,082	0,287*	0,139	0,437*						
	r_g	-	0,349*	0,358*	0,098	0,341*	0,151	0,450*						
ID	r_p	-	0,141	0,023	0,164	0,237	0,386**							
	r_g	-	0,177	0,053	0,201	0,282*	0,427**							
MPAN	r_p	-	0,771**	0,995**	0,512**	0,542**								
	r_g	-	0,730**	0,996**	0,588**	0,608**								
NGPAN	r_p	-	0,773**	0,256	0,187									
	r_g	-	0,735**	0,285*	0,190									
MGPAN	r_p	-	0,528**	0,556**										
	r_g	-	0,596**	0,614**										
RG	r_p	-	0,898**											
	r_g	-	0,913**											

Coeficientes de correlação linear (n=162), significativo a * $p < 0,05$ e ** $p < 0,01$ de probabilidade. r_g probabilidade por *Bootstrap* (10000 simulações).^(†) DF= dias para o florescimento; PR= período reprodutivo; NAF= nº afílhos férteis; EST= estatura; MMG= massa de mil grãos; PH= massa do hectolitro; IG= índice de grãos; ID= índice de grãos; MPAN= massa da panícula; NGPAN= nº grãos por panícula; MGPAN= massa de grãos por panícula; RG= rendimento de grãos; RI= rendimento industrial.

A relação entre a massa de mil grãos (MMG) e o índice de grãos (IG) foi intermediária e positiva ($r_p=0,373$ $r_g=0,440$). Diante disso, o valor elevado da associação fenotípica ($r_p = 0,680$) também foi obtido por Antonow (2013). Por outro lado, foi reportada uma relação inversa entre o número de panículas por planta e a massa de mil grãos (MMG), devido ao particionamento de fotoassimilados no enchimento dos grãos, onde o incremento de grãos na panícula, modifica a dinâmica de acúmulo de assimilados nos grãos, desta forma, para suprir mais grãos com a mesma taxa de assimilação, resulta na redução das dimensões e conseqüentemente do índice de grãos (Ceccon et al., 2004; Luche et al., 2013). Relações como estas devem ser observadas, garantindo uma adequada relação entre o número de panículas e a massa de mil grãos, para possibilitar que os grãos produzidos apresentem elevada qualidade industrial, e que a massa de mil grãos contribua de forma positiva para elevar a relação de índice de grãos.

A massa do hectolitro (PH) resultou em correlações intermediárias e positivas com os caracteres índice de descasque (ID) ($r_p=0,561$ $r_g=0,684$), rendimento de grãos (RG) ($r_p=0,434$ $r_g=0,471$) e rendimento industrial (RI) ($r_p=0,417$ $r_g=0,465$). Este caráter está relacionado com a densidade dos grãos e a sua capacidade de condicionamento em um volume predeterminado, posteriormente convertido para quilogramas por 100 litros. É utilizado como medida de qualidade dos grãos, onde o tamanho da cariopse influencia a massa do hectolitro, sendo a cariopse mais densa que a casca (Doehlert et al., 2006). Essa relação condiz com as associações obtidas, grãos maiores e mais densos contribuem para elevar o índice de descasque, rendimento de grãos e rendimento industrial. Pesquisas realizadas por Lângaro et al. (2014) ressaltam que o PH é uma medida indireta da qualidade dos grãos, utilizada pela indústria. Relação positiva entre massa do hectolitro e o índice de descasque também foi relatada por Doehlert et al. (2009) e por Antonow (2013) que, revelou correlação fenotípica $r_p= 0,800$ em dois anos de cultivo e de $r_p= 0,730$ para a massa do hectolitro e o rendimento de grãos. A correlação genética elevada revelada entre estes caracteres ($r_g= 0,684$) e herdabilidades com 41 a 98% verificadas para o percentual de cariopse por Kurek et al. (2002).

O emprego da massa do hectolitro (PH) deverá ser cauteloso, seja para a determinação da qualidade dos grãos, quanto como parâmetro de seleção indireta, pois existem duas distintas formas de contribuição para elevar caráter, a massa da

cariopse e a sua capacidade de acomodação em determinado volume para aferição. Grãos menores possuem melhor habilidade de acomodação, contribuindo para elevar o PH, porém com reduzida qualidade industrial (Doehlert et al., 2006; Antonow, 2013). Uma medida para elevar a confiabilidade deste caráter, seria a análise em conjunto do tamanho dos grãos, a fim de identificar genótipos que produzam grãos maiores e uniformes (Federizzi et al., 2005).

A associação entre o índice de grãos (IG) e o rendimento industrial (RI) apresenta $r_p=0,434$ e $r_g=0,450$ de magnitude intermediária, ressalta a relação existente entre estes caracteres e a importância do IG na busca por melhor qualidade industrial dos grãos. Em estudo desenvolvido por Hawerth et al., 2015a, no mesmo ambiente utilizando 15 cultivares de aveia, obtiveram correlação genética de $r_g=0,892$. Ressalta-se que o IG é essencial na melhoria da qualidade industrial e deve ser utilizado como parâmetro na seleção de genótipos para elevar o rendimento industrial. Grãos bem formados, com maiores dimensões, com maior massa e uniformes são os mais desejados pela indústria de beneficiamento (Alves & Kist, 2010).

O caráter massa da panícula (MPAN) apresenta correlações significativas de magnitude elevada e positivas com número de grãos por panícula (NGPAN) $r_p=0,771$ $r_g=0,730$, massa de grãos por panícula (MGPAN) $r_p=0,995$ $r_g=0,996$, e de magnitude intermediária e positiva com o rendimento de grãos (RG) $r_p=0,512$ $r_g=0,588$ e rendimento industrial (RI) $r_p=0,542$ $r_g=0,608$. Estes resultados reforçam as associações com os caracteres ligados ao rendimento de grãos. Constatou-se que a massa da panícula é um caráter de elevada importância para seleção indireta, com associação entre o número de grãos por panícula e com o rendimento de grãos por vários autores (Caierão et al., 2001; Benin et al., 2003; Marchioro et al., 2003; Hartwig et al., 2006; Valério et al., 2009). Conforme Caierão et al. (2006), revelam para este caráter íntima relação com caracteres ligados ao rendimento de grãos, massa de grãos e o número de grãos por panícula, ressaltando que os grãos contribuem com cerca de 85% para a massa da panícula.

Com relação aos caracteres número de grãos por panícula (NGPAN) e massa de grãos por panícula (MGPAN) ($r_p=0,773$ $r_g=0,735$) as associações revelaram magnitudes elevadas e positivas. Uma associação fenotípica de $r_p=0,850$ também foi observada em outros relatos (Antonow, 2013). Associações semelhantes foram

obtidas por Hawerth et al. (2015a), em dois ambientes distintos ($r_p=0,652$ $r_g=0,640$; $r_p=0,544$ $r_g=0,521$), Augusto Pestana – RS e Capão do Leão – RS, respectivamente.

O caráter massa de grãos da panícula (MGPAN) apresentou correlação intermediária e positiva com o rendimento de grãos (RG) ($r_p=0,528$ $r_g=0,596$) e com o RI ($r_p=0,556$ $r_g=0,614$). Forte associação fenotípica ($r_p=0,690$) foi observada entre a MGPAN x RG (Antonow, 2013). A massa dos grãos contribui para a elevação da MGPAN, sendo esta determinante ao RG em pesquisas realizadas nos últimos 40 anos. Estes resultados foram evidenciados pelos métodos de seleção utilizados em programas de melhoramento, que buscam avaliações individuais de panículas e grãos, eliminando-se as consideradas inferiores e desuniformes, exercendo forte pressão de seleção no incremento da massa individual de grãos, correspondendo a interação observada entre estes caracteres (Barbosa Neto et al., 2000; Hawerth et al., 2014).

Com relação ao RG e rendimento industrial (RI) relevou forte associação positiva com $r_p=0,898$ e $r_g=0,913$. Resultados semelhantes de correlações elevadas ($r_p=0,890$ $r_g=0,890$; $r_p=0,620$ $r_g=0,610$) foram observados em cultivares de aveia branca semeadas em Augusto Pestana – RS e Capão do Leão – RS respectivamente (Hawerth et al., 2015a). Estes autores afirmam que o aumento no RI será obtido mais facilmente com elevadas produtividades por unidade de área.

A matriz fenotípica das associações lineares foi submetida ao diagnóstico de multicolinearidade para os caracteres DF, PR, NAF, EST, MMG, PH, IG, ID, MPAN, NGPAN, MGPAN, RG e RI. Desta maneira, observou-se multicolinearidade moderada a forte ($100 < NC < 1000$). Diante disso, eliminou-se o caráter MGPAN, e um novo diagnóstico foi realizado, resultando em um número de condição de $NC=97,683$ caracterizando multicolinearidade fraca sem problemas severos na matriz, perante essa situação procedeu-se as análises de correlações canônicas.

Um programa de melhoramento que conduz grande número de populações e/ou famílias de aveia branca, muitas vezes não dispõe de tempo hábil para mensurar grande número de caracteres, que possam auxiliar nas decisões para a seleção de genótipos promissores (Luche, 2014). Uma das alternativas para essa questão, é o uso da seleção indireta, que possibilita ao melhorar um ou mais caracteres, por meio de um outro caráter ou mesmo um grupo de caracteres, de fácil mensuração e com alta relação com o caráter dependente, com herdabilidade elevada relacionados

geneticamente. Estas inter-relações podem ser melhor compreendidas através de análise de correlações canônicas, onde simultaneamente prevê múltiplos caracteres dependentes a partir de múltiplos caracteres independentes (Hair et al., 2005).

O rendimento industrial é um caráter primordial para a cultura da aveia branca, e estratégias que possibilitem melhores resultados quanto a seleção são necessárias na busca pelo melhor entendimento das relações entre os caracteres ligados ao rendimento industrial. Antonow (2013) ressalta que é fundamental compreender as associações existentes com a qualidade física e as dimensões dos grãos. A maioria das associações lineares foram comprovadas pela análise das correlações canônicas (Tabela 3.2 e Tabela 3.3), com exceção dos caracteres relacionados com a qualidade e com o rendimento de grãos e rendimento industrial.

Os grupos canônicos da Tabela 3.2 foram estabelecidos entre os caracteres morfológicos (DF, PR, NAF e EST) (Grupo I), e os caracteres relacionados ao rendimento industrial (MMG, PH, IG, ID, MPAN, NGPAN, RG e RI).

O primeiro par canônico apresentou significância através do teste de qui-quadrado a 1,00% de probabilidade ($p < 0,01$), onde a magnitude elevada do coeficiente de correlação 0,722 evidenciou a dependência entre os grupos analisados. O maior número de dias para o florescimento (Grupo I), esteve diretamente relacionado positivamente com a massa de mil grãos, massa do hectolitro, índice de grãos, índice de descasque, massa da panícula, número de grãos por panícula, rendimento de grãos e rendimento industrial (Grupo II). A seleção de genótipos por programas de melhoramento preconiza a redução do ciclo total, principalmente pela redução nos dias da emergência até o florescimento (Barbosa Neto et al., 2000). Caierão et al. (2001) analisando caracteres adaptativos da aveia branca constataram a tendência de se obter maiores rendimentos de grãos e qualidade com ciclos mais longos. A fase vegetativa da planta que precede a emissão da panícula e a antese é crucial na determinação do potencial produtivo da cultura, é nessa fase onde ocorre o desenvolvimento e formação de tecido fotossinteticamente ativo. Na fase de alongação ocorre a definição das estruturas florais da panícula, como o tamanho da panícula, número de espiguetas e número de grãos por espiguetas. Com isso, a redução deste período pode afetar diretamente a definição do potencial produtivo da cultura, sendo que a fase posterior a emissão da panícula, ocorre a conversão dos fotoassimilados em proteínas e amido para o

enchimento de grãos, e mais uma vez a área foliar definida pela fase vegetativa apresenta grande importância (Brouwer & Flood, 1995; Luche et al., 2014). Com isso a relação observada entre dias para o florescimento (DF) e os componentes do rendimento, refletem na importância dessa fase para a definição do potencial produtivo da aveia branca.

Esta mesma tendência foi observada por Hartwig et al. (2006), sugerindo que genótipos precoces e com período vegetativo longo podem ser obtidos, desde que estes demonstrem fase reprodutiva mais curta, com rápida translocação para o enchimento e formação dos grãos.

O aumento da estatura observada (Grupo I) demonstrou estar positivamente relacionada com o aumento do potencial produtivo (Grupo II). Esta mesma tendência foi observada por Benin et al. (2003) e Hartwig et al. (2006) que verificaram em populações segregantes de aveia branca correlações positivas entre estatura e a massa da panícula, massa de grãos por panícula, e com o rendimento de grãos. Griffiths (2010), analisando cultivares de elevada estatura e de porte baixo, constatou rendimento de grãos superior em cultivares de porte elevado. Vantagens fisiológicas podem ser atribuídas a esses efeitos, onde plantas altas apresentam maior capacidade de competição em relação as plantas de menor estatura (Hartwig et al., 2006).

Tal associação sugere que a redução na estatura de planta poderá indiretamente reduzir o potencial produtivo, porém, a estatura de plantas em alguns estudos é negativamente correlacionada ao rendimento de grãos, onde plantas altas tendem a apresentar maiores níveis de acamamento, reduzindo não só o rendimento de grãos, mas também a qualidade (Dumlupinar et al., 2012, Hawerth et al., 2015b). Por mais que a seleção de plantas com menor estatura possa levar a redução de alguns componentes do rendimento de grãos, genótipos de porte baixo apresentam melhor desempenho em lavouras comerciais, por permitirem maior densidade de semeadura e aplicação de maior nível de adubação, sem efeitos no acamamento (Hartwig et al., 2007).

O segundo par canônico resultou em coeficiente de correlação $r = 0,638$ entre os grupos (Tabela 3.2). O aumento do período reprodutivo (Grupo I) demonstrou relação direta positiva com a massa do hectolitro, índice de descasque, mas inversamente relacionado a massa da panícula e número de grãos por panícula

(Grupo II). Um efeito compensatório foi observado para o ciclo total da aveia, por meio de correlações negativas entre dias para o florescimento e período reprodutivo, indicando que o aumento no sentido de um destes caracteres, leva a redução na mesma proporção do outro (Hartwig et al., 2006; Hartwig et al., 2007). O menor período vegetativo seguido por um maior período para o enchimento de grãos é um dos objetivos do melhoramento genético, contudo a contribuição deste para o rendimento de grãos não foi constatada no presente estudo (Hawerth et al., 2014).

Tabela 3.2 - Estimativas das correlações e pares canônicos entre caracteres morfológicos (Grupo I) e dos componentes da produção de grãos (Grupo II) em 54 bulks de aveia branca. Pelotas, RS - 2016.

Caracteres	Pares canônicos			
	1º	2º	3º	4º
Grupo I				
DF^(†)	0,812	-0,301	-0,458	0,200
PR	0,522	0,826	0,064	-0,204
NAF	-0,282	0,483	-0,454	0,694
EST	0,376	-0,072	0,803	0,458
Grupo II				
MMG	0,271	-0,029	0,517	-0,066
PH	0,518	0,785	0,080	-0,245
IG	0,286	-0,022	-0,290	0,096
ID	0,406	0,684	-0,100	0,376
MPAN	0,867	-0,381	0,081	0,251
NGPAN	0,740	-0,459	-0,339	0,077
RG	0,612	0,011	0,050	-0,269
RI	0,597	0,085	-0,034	0,015
r*	0,722	0,638	0,364	0,137
α**	<0,010	<0,010	1,532	71,153

r* = correlação canônica; α** = significância. ^(†)Grupo I: DF = dias para o florescimento; PR = período reprodutivo; NAF = n° de afilhos férteis; EST = estatura; Grupo II: MMG = massa de mil grãos; PH = massa do hectolitro; IG = índice de grãos; ID = índice de descasque; MPAN = massa da panícula; NGPAN = n° grãos por de panícula; RG = rendimento de grãos; RI = rendimento industrial.

Foram constatadas diversas associações positivas entre o período reprodutivo e o rendimento de grãos, pois o prolongamento da fase de enchimento de grãos, resulta em grãos com maiores dimensões, bem formados e com melhor uniformidade, características primordiais para a industrialização (Benin et al., 2003; Hartwig et al., 2006; Crestani, 2011; Dumlupinar et al., 2012). Dessa forma o incremento na massa do hectolitro e índice de descasque está relacionado a definição do tamanho do grão, que ocorre até o oitavo dia após a polinização, e a largura durante toda a fase de enchimento de grãos devido ao acúmulo de reservas (Murphy & Frey, 1962). A relação inversa observada na associação entre período reprodutivo com a massa da panícula e o número de grãos por panícula, possui relação com a definição dos componentes do rendimento na fase vegetativa, onde no período que segue o enchimento de grãos, não ocorre a formação de novas estruturas florais, apenas a manutenção das já existentes dentro das condições adequadas para o seu desenvolvimento e enchimento dos grãos (Brouwer & Flood, 1995; Luche et al., 2014).

O número de afílios férteis (Grupo I) demonstrou relação positiva com a massa do hectolitro e índice de descasque, mas relação contrária com massa da panícula e número de grãos por panícula (Grupo II). Uma relação antagônica do número de afílios com o número de grãos e massa do grão, possivelmente o resultado de uma maior demanda gerada de fotoassimilados para o enchimento de grãos foi observada em trigo (Luche et al., 2013). Essa tendência de associação pode resultar em valores elevados para a massa do hectolitro e o índice de descasque, pois, grãos menores tendem a apresentar melhor acomodação em um mesmo volume, do que grãos maiores, bem como apresentar menores índices de quebra no momento do descasque (Doehlert et al., 2006; Antonow, 2013).

Os grupos canônicos da Tabela 3.3 foram estabelecidos entre os caracteres do rendimento industrial (RG e RI) (Grupo I) e os caracteres da qualidade de grãos em aveia branca (MMG, PH, IG, ID, MPAN e NGPAN). O primeiro par canônico revelou significância através do teste de qui-quadrado a 1,00% de probabilidade ($p < 0,01$), onde a magnitude elevada do coeficiente de correlação $r = 0,832$ evidenciou a dependência entre os grupos analisados.

Rendimento industrial (Grupo I) esteve positivamente relacionado com a massa de mil grãos, massa do hectolitro, índice de grãos, índice de descasque e pela massa

da panícula (Grupo II). Portanto os ganhos expressivos em rendimento industrial não são decorrentes apenas de um caráter isolado, mas sim, de um conjunto de caracteres com magnitudes superiores, e que contribuem, cada um da sua forma, para elevar níveis da qualidade industrial.

A massa da panícula é um caráter amplamente discutido para sua utilização na seleção indireta, e diversos fatores contribuem para o aumento da sua eficiência. A maior contribuição para elevar a massa da panícula, provém da massa unitária dos grãos e do número de grãos (Caierão et al., 2001). Grãos de dimensões elevadas não contribuem apenas com a massa da panícula, mas também aumentam a importância dos demais caracteres que compõe o rendimento industrial, como a massa de mil grãos, a massa do hectolitro, o índice de grãos e o índice de descasque. Lorencetti et al. (2006) demonstrou que a seleção via massa da panícula resultará em melhores ganhos para a qualidade industrial se for levado em consideração a massa de mil grãos.

Seguindo esta mesma tendência, grãos que apresentam maior massa resultante de uma contribuição elevada da cariopse, constituem papel importante para elevar os valores da massa do hectolitro, demonstrando ser um caráter importante na qualidade industrial (Kurek et al., 2002). O índice de grãos foi evidenciado por Hawerth et al. (2015a) na seleção de genótipos de produtividade elevada e de maior rendimento industrial, tendo em vista a relação que o tamanho e a espessura dos grãos apresentam com a qualidade para o processamento. Já o índice de descasque, contribui com a relação da quantidade do grão que é devido a cariopse e a casca. Grãos com maiores dimensões, de massa elevada, são os aqueles que colaboram de forma positiva com o rendimento industrial, e a seleção para a melhoria do caráter deverá considerar a maior relação entre a cariopse e a casca, uma vez que o seu aumento está condicionado ao maior acúmulo de reservas ou ao maior percentual de casca (Hawerth et al., 2014). O caráter percentual de cariopse em aveia branca parece ser governado por poucos genes de efeitos aditivos, além de apresentar elevada herdabilidade, indicando que o processo de seleção pode ser iniciado já em gerações altamente segregantes (Kurek et al., 2002).

O segundo par canônico apresentou correlação $r=0,639$ entre os grupos (Tabela 3.3). O rendimento de grãos (Grupo I) demonstrou associação positiva com a massa do hectolitro, massa da panícula e com o número de grãos por panícula, e

relação inversa com a massa de mil grãos e o índice de grãos. O caráter rendimento de grãos é essencial para um maior rendimento industrial, a elevação de produção por unidade de área de um repercute diretamente sobre o outro. Caracteres como a massa do hectolitro e a massa da panícula podem ser empregados com maior facilidade na seleção indireta. Estes resultados condizem com outros apresentados, destacando-se que programas de melhoramento no Brasil têm buscado desenvolver genótipos com maior qualidade de grãos, sendo estes de maior tamanho e com massa elevada, utilizando principalmente a massa do hectolitro como caráter alvo (Federizzi et al., 2005).

Tabela 3.3 - Estimativas das correlações e pares canônicos entre caracteres rendimento industrial (Grupo I) e caracteres da qualidade de grãos da aveia branca (Grupo II) em 54 *bulks* de aveia branca. Pelotas, RS - 2016.

Caracteres	Pares canônicos	
	1º	2º
Grupo I		
RG^(†)	0,561	0,828
RI	0,868	0,497
Grupo II		
MMG	0,217	-0,336
PH	0,355	0,507
IG	0,801	-0,444
ID	0,550	-0,037
MPAN	0,530	0,501
NGPAN	0,075	0,419
r*	0,832	0,639
α**	<0,010	<0,010

r* = correlação canônica; α** = significância. ^(†) RG = rendimento de grãos; RI = rendimento industrial; MMG = massa de mil grãos; PH = massa do hectolitro; IG = índice de grãos; ID = índice de descasque; MPAN = massa da panícula; NGPAN = nº grãos por panícula.

O PH recebe destaque na definição da qualidade industrial de genótipos de aveia branca (Hawerroth et al., 2014; Lângaro et al., 2014). O número de grãos por panícula se destaca principalmente pelo incremento na quantidade de grãos

produzidos por unidade de área, que vem a contribuir para elevar o rendimento de grãos (Lorencetti et al., 2006).

A contribuição negativa dos caracteres massa de mil grãos e índice de grãos é justificado pela compensação entre os componentes do rendimento massa de mil grãos, número de grãos por panícula e número de panículas por unidade de área, na qual, a produção de grãos maiores pode vir em detrimento dos demais componentes, reduzindo a produtividade média do genótipo (Luche et al., 2013).

Desse modo, a seleção de genótipos com maior potencial industrial, deverá levar em consideração primeiramente o ciclo da cultura, com o adequado balanceamento entre os dias para o florescimento e o período reprodutivo, sendo essenciais para promover a determinação do potencial produtivo, sem comprometer o período para o enchimento dos grãos.

Para os caracteres relacionados a qualidade industrial e ao rendimento de grãos, a massa da panícula é um caráter que apresenta elevada importância, contudo apenas o embasamento no seu desempenho não é suficiente. Para melhorar os ganhos para a seleção indireta deve usar a massa do hectolitro como caráter complementar, já que ambos mantiveram os mesmos sentidos e associações de magnitude elevada com os caracteres de interesse.

3.4 Conclusões

A seleção que visa redução do período vegetativo e aumento do período reprodutivo deverá ser cuidadosa, para não interferir na definição do potencial produtivo, determinado na fase inicial de desenvolvimento da cultura.

A combinação na seleção indireta através dos caracteres dos caracteres massa da panícula e massa do hectolitro se apresenta promissora na obtenção de genótipos elite de aveia branca.

Os caracteres índice de grãos, índice de descasque e número de grãos por panícula poderão ser levados em consideração para a melhor avaliação dos genótipos, com a finalidade de complementar as informações utilizadas na seleção, desde que não interfiram no rendimento de grãos.

3.5 Referências bibliográficas

- ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espiguetta de aveia branca (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.29-33, 2010.
- ANTONOW, D. **Determinação de caracteres associados à qualidade física e eficiência de descasque dos grãos de aveia (*Avena sativa* L.)**. 2013. 161f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- BARBOSA NETO, J.F.; MATIELLO, R.R.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEGORARO, D.G.; SCHNEIDER, F.; SORDI, M.E.B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1605-1612, 2000.
- BENIN, G. et al. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista brasileira de agrociência**, v. 9, n. 1, p. 09-16, jan./mar. 2003.
- BENIN, G. et al. Estimativas de correlações genotípicas e de ambiente em gerações com elevada frequência de heterozigotos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 523-529, mai./jun. 2005. ISSN: 0103-8478.
- BROUWER, J. B.; FLOOD, R. G. Aspects of oat physiology. In: WELCH, ROBERT W. (Ed.) *The oat crop: production and utilization*. 1st ed. Londres: Chapman & Hall, 1995. p. 141-169.
- CAIERÃO, E. et al. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência rural**, Santa Maria, v 31, n.2, p 231-236, 2001.
- CAIERÃO, E.; CARVALHO, F.I.F; FLOSS, E.L. Seleção indireta para o incremento do rendimento de grãos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1126-1131, 2006.
- CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004, 142p.
- CECCON, Gessi; FILHO, Hélio Grassi; BICUDO, Sílvio José. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, nov./dez. 2004.

CRESTANI, M. et al. Conteúdo de β -glucana em cultivares de aveia-branca cultivadas em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 261 - 268, 2010.

CRESTANI, M. **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) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v. 1, 4.ed. Viçosa: UFV, 2012, 514p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. v. 2, 3.ed. Viçosa: UFV, 2014, 668p.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.; JAMMINK, J. L. Oat grain/groat size ratios: a physical basis for test weight. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 83, n. 1, p. 114 – 118, 2006.

DOEHLERT, D. C. et al. Theoretical and empirical relationships between oat test weight and groat proportion. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 86, n. 2, p. 239 – 246, 2009.

DUMLUPINAR, Z. et al. Correlation and path analysis of grain yield and yield components of some turkish oat genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 1, p. 321-325, fev. 2012.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Tradução de SILVA, M. de A. e; SILVA, J. C. 1 ed. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1981. 279 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. New York: Longman, 1996, 464.

FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; PACHECO, M. T.; BARBOSA NETO, J. F.; SERENO, M. J. C. M. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 141-169.

FEDERIZZI, L. C. et al. Melhoramento da aveia. In: Borém, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 141-169.

- GRIFFITHS, Irene. Dissecting the yield components of oats (*Avena sativa*). **AHDB Cereals & Oilseeds**, PhD Summary Report No. 16, mar. 2010.
- HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. Análise de correlação canônica. In: HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005, p. 361-380.
- HARTWIG, I. et al. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamentos dialélicos de aveia branca. **R. Bras. Agrociência**, v. 12, n. 3, p. 273-278, jul./set. 2006.
- HARTWIG, I. et al. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 337-345, mar./abr. 2007.
- HAWERROTH, M. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. A. G. da; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de. **Importância e dinâmica de caracteres na Aveia Produtora de Grãos**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, ISSN: 1516-8840, 2014.
- HAWERROTH, M. C. et al. Correlations among industrial traits in oat cultivars grown in different locations of Brazil. **Australian journal of crop science**, v. 9, n. 12, p. 1182-1189, dez. 2015a. ISSN:1835-2707
- HAWERROTH, M. C. et al. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa agropecuária brasileira** Brasília, v.50, n.2, p.115-125, 2015b.
- KUREK, A. J. et al. Fatores genéticos relacionados com a expressão do caráter percentual de cariopse em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 751-756, 2002
- LÂNGARO, N. C. et al. Cultivares de aveia, qualidade de sementes e implantação da cultura. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de. (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, p. 44-53.
- LORENCETTI, C. et al. Applicability of phenotypic and canonic correlations and path coefficients in the selection of oat genotypes. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 11-19, jan./fev. 2006.
- LUCHE, H. S. NORBERG, R. OLIVEIRA, A. C. de. Desenvolvimento da planta. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de. (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura**

da cultura da aveia. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, p. 44-53.

LUCHE, H.S. et al. Desempenho per se e parâmetros genéticos de linhagens de trigo com expressão do caráter “stay-green”. **Pesq. agropec. Bras.**, v. 48, p.167-173, 2013.

LUCHE, H. de S. **Estratégias na seleção de genótipos superiores de aveia branca.** 2014. 77 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

MARCHIORO, V. S. et al. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira de agrocência**, v. 9, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2003.

MURPHY, C. F.; FREY, K. J. Inheritance and heritability of seed weight and its components in oat. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 509- 512, 1962.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p, 2006.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 3ªed. New York: McGraw Hill Book, p.666, 1997.

SILVEIRA, S. F. da S. **Estratégias de seleção em aveia branca (*Avena sativa* L.) visando rendimento de grãos e qualidade nutricional.** 2015, 77f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v.52, n.3/4, 1965.

VALÉRIO, I. P. et al. Estabilidade da produção e da capacidade de combinação de diferentes populações de aveia. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 331-346, abr./jun. 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O empenho de programas de melhoramento genético possibilitou o desenvolvimento de genótipos brasileiros, com adequado rendimento de grãos, atendendo a demanda do mercado consumidor. Porém, o principal diferencial da aveia branca está na necessidade de aliar conjuntamente a produtividade e a qualidade industrial. É necessário assim, otimizar e desenvolver estratégias de seleção eficientes, que possibilitem atingir bons resultados, com menores investimentos e maior sucesso.

Nesse sentido, este trabalho utilizou diferentes estratégias de seleção, combinando a seleção em gerações iniciais e condução em distintos ambientes durante o período de segregação dos genótipos.

O desempenho diferenciado de alguns *bulks* conduzidos em Capão do Leão – RS indica que existe relação entre o ambiente e os genótipos provenientes de seleção natural. Entretanto, combinações que apresentaram os maiores valores em relação ao rendimento de grãos e rendimento industrial, sendo essas de maior complementariedade alélica, demonstram desempenho superior independente do ambiente de seleção. As combinações Albasul x UPAF 22 e Albasul x URS Guapa são promissoras na seleção de genótipos transgressivos, por demonstrarem elevado rendimento de grãos e qualidade industrial em ambos ambientes de seleção. Dentre as estratégias de seleção se destacou genótipos selecionados via massa da panícula e rendimento de grãos por planta, necessitando a combinação do caráter índice de grãos para elevar a aptidão industrial

Estratégias de seleção indireta que almejam rendimento de grãos e aptidão industrial, devem levar em consideração caracteres como a massa da panícula e massa do hectolitro. Em conjunto deverá ser observado o desempenho quanto ao índice de grãos, índice de descasque e número de grãos por panícula para elevar a qualidade industrial. Assim, uma eficiente seleção de caracteres de interesse agrônômico, não depende apenas de um único caráter, mas sim de um genótipo capaz de aliar um conjunto superior de caracteres, que possibilite atender as demandas que os setores produtivos e industriais desejam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução Geral)

- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Tradução de A. BLUMENSCHHEIN, E. PATERNIANI, J. T. A. GURGEL e R. VENCOVSKY. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda., 1971. 381p.
- ANTONOW, D. **Determinação de caracteres associados à qualidade física e eficiência de descasque dos grãos de aveia (*Avena sativa* L.)**. 2013. 161f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- BARBIERI, R. L. Aveia: De vilã a heroína, a domesticação de uma planta invasora. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.) **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, p. 209-218.
- CAIERÃO, E.; CARVALHO, F.I.F; FLOSS, E.L. Seleção indireta para o incremento do rendimento de grãos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1126-1131, 2006.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V.3 n. 5 Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 10 de fevereiro de 2016.
- FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Tradução de SILVA, M. de A. e; SILVA, J. C. 1 ed. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1964. 279 p.
- FEDERIZZI, L. C. et al. Importância da cultura da aveia. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. de. (Orgs.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, p. 44-53.
- GRIFFITHS, Irene. Dissecting the yield components of oats (*Avena sativa*). **AHDB Cereals & Oilseeds**, PhD Summary Report No. 16, mar. 2010.
- HAWERROTH, M. C. et al. Correlations among industrial traits in oat cultivars grown in different locations of Brazil. **Australian journal of crop science**, v. 9, n. 12, p. 1182-1189, dez. 2015.
- HAWERROTH, M. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. A. G. da; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de. **Importância e dinâmica de caracteres na Aveia Produtora de Grãos**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2014.

LUCHE, H. de S. **Estratégias na seleção de genótipos superiores de aveia branca**. 2014. 77 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

STERNA, V.; ZUTEB, S.; BRUNAVA, L. Oat grain composition and its nutrition benefice. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 8, p. 252-256, 2016.

VALÉRIO, I. P. et al. Genetic Parameters for Grain Yield and Its Components in Oat. **Triticeae Genomics and Genetics**, v. 4, n. 2, p. 3-11, abr. 2013.

Vitae

Cezar Augusto Verdi nasceu em 29 de março de 1991, filho de Neusa Reis da Rosa Verdi e Derli Verdi, natural de Palmitinho, Rio Grande do Sul. Coursou ensino fundamental e médio concomitante com o curso Técnico em Agropecuária em escola pública. Em março de 2009 ingressou na Faculdades de Itapiranga (SEI/FAI) onde cursou Agronomia. Em janeiro de 2013 iniciou o estágio curricular obrigatório do curso de Agronomia na empresa de melhoramento genético de milho DuPont do Brasil S/A – Divisão Pioneer Sementes, na estação de pesquisas da cidade de Passo Fundo – RS, sob orientação do Msc. Anderson Verzeznazzi, com término das atividades em abril de 2013. Desempenhou atividade profissional na mesma empresa de setembro de 2013 até março de 2014, como auxiliar técnico de pesquisa. Obteve o título em Agronomia no mês janeiro de 2014, em março do mesmo ano ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitomelhoramento.