

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TATIANE CONCEIÇÃO MOREIRA DA SILVA

SELEÇÃO DE LINHAS PURAS DENTRO DA CULTIVAR
DE AVEIA PRETA (*Avena strigosa* Schreb) IAPAR 61

PONTA GROSSA
2023

TATIANE CONCEIÇÃO MOREIRA DA SILVA

SELEÇÃO DE LINHAS PURAS DENTRO DA CULTIVAR DE
AVEIA PRETA (*Avena strigosa* Schreb) IAPAR 61

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Agronomia na à Universidade Estadual de Ponta
Grossa, área de concentração Agricultura.
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello.
Coorientadora: Dra. Josiane Cristina de Assis Aliança.

PONTA GROSSA
2023

S586 Silva, Tatiane Conceição Moreira da
Seleção de Linhas Puras dentro da cultivar de aveia preta (*Avena strigosa*
Schreb) IAPAR 61 / Tatiane Conceição Moreira da Silva. Ponta Grossa, 2023.
49 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e
Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello Matiello.

Coorientadora: Profa. Dra. Josiane Cristina de Assis Aliança Aliança.

1. Variabilidade genética. 2. *Avena strigosa* Schreb. 3. Parâmetros
genéticos. 4. Massa verde. 5. Herdabilidade. I. Matiello, Rodrigo Rodrigues
Matiello. II. Aliança, Josiane Cristina de Assis Aliança. III. Universidade Estadual
de Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. IV.T.

CDD: 633



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

DECLARAÇÃO - MS-AGRONOMIA

Titulo da Dissertação: "Seleção de linhas puras dentro da cultivar de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) IAPAR 61".

Nome: TATIANE CONCEIÇÃO MOREIRA DA SILVA

Conceito

Aprovado

Reprovado

Aprovado pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello



Prof. Dr. Silvana Ohse



Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

*A todos que acreditam que a mão de Deus é a bússola para o sucesso,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por iluminar o meu caminho, por ter me dado o fôlego de vida e por ter me permitido ter fé, sustentando todos os meus dias até aqui. Ele realiza os meus sonhos.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, ao curso de pós-graduação em Agronomia por me acolher como aluna.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas:

Ao Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello, por me acolher como orientada e sempre me desafiar na busca pela minha melhor e mais forte versão, neste trabalho e em tudo o que realizei durante o mestrado. Sua orientação despertou a minha excelência.

À minha co-orientadora Dra. Josiane Cristina de Assis Aliança, que além de meu exemplo profissional é uma querida amiga com quem posso contar em todos os momentos da minha vida. Obrigada por me acolher como filha, e como uma mãe ensinar o amor pela pesquisa.

A equipe de Melhoramento genético do IDR-Paraná, Djalma, Jaine, Marieli, Vânia, Bruno Guilherme, Natanael, Andressa, Augusto e Rhafaely. Obrigada por terem me ajudado a conquistar esse título. Vocês estão em cada página desta dissertação.

Ao professor Dr. Magno Pato Ramalho pelas valiosas contribuições norteando a melhoria desta dissertação. Sua humanidade é uma inspiração.

Aos professores Dr. Leonardo e Dr. Carlos Tadeu por toda ajuda estatística deste trabalho. Agradeço pela atenção e humildade.

A minha mãe Maria Margarida Moreira da Silva, por lutar minhas batalhas na linha de frente. Suas orações me deram forças para superar todos os obstáculos. Seu amor, é o meu combustível e me motiva a ser melhor todos os dias.

Ao meu pai Manoel Batista da Silva, por ensinar que a honestidade e o trabalho dignificam o homem. Ser sua filha é uma dádiva de Deus.

Aos meus irmãos Rosnei, Mário, Maria Nilce e Daiane, e cunhados Mauro, Regiane e Rafaela, pelo exemplo de determinação e pelo apoio incondicional, por sempre me tratarem como filha e por torcerem sinceramente por mim. A maior certeza que tenho na vida é que, independente das voltas que o mundo dá, sempre terei um lugar para voltar;

Aos meus sobrinhos Natanael, Larissa, Henrique, Natali e Lívia Manuele. Dentre todas

as funções desta vida, ser tia é a minha maior realização. Amo a cada um de vocês verdadeiramente como filhos.

A todos os meus colegas e amigos pessoais, essencialmente Bruna, Lauriane, Jaine, Calistene, Isabela, Layana, Gabrielly, Mariana e Ana Clara por serem o meu suporte torcerem verdadeiramente por mim. Todas as palavras de incentivo estão ainda guardadas comigo, no coração.

A minha avó Jovelina (*In Memoriam*), que virou uma estrela no céu e que agora meauxilia nos caminhos da vida em estâncias superiores.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”
Josué 1:9

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto.”
Isaias 41:20

RESUMO

Mesmo após trinta anos de seu lançamento, a cultivar de aveia preta IAPAR 61 apresenta os melhores resultados para produção de forragem e cobertura do solo na região Sul. Entretanto, o uso sucessivo dos grãos como semente pelo produtor podem causar variabilidade natural devido à mistura mecânica, hibridação natural e mutação. Diante da grande importância desta cultivar no mercado, despertou-se o interesse de produtores e pesquisadores para o lançamento de uma nova cultivar derivada de seu genótipo, que mantenha o fenótipo das principais características, potencializando o seu uso forrageiro e prezando por uma boa produção de sementes. Considerando o exposto, a realização de seleção de linhas puras dentro da cultivar IAPAR 61 poderá proporcionar o lançamento de uma cultivar melhorada de aveia preta. Dessa forma, o principal objetivo desse trabalho foi o de realizar um ciclo de seleção de linhas puras na cultivar IAPAR 61, visando a obtenção de uma nova cultivar que substitua com vantagem a existente e ao mesmo tempo obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos que possam auxiliar na seleção, buscando a identificação e a exploração da variabilidade genética por meio da estimativa dos parâmetros genéticos. O trabalho foi conduzido no Pólo de Pesquisas do IDR-Paraná, em Ponta Grossa (PR), na safra 2021. Foram avaliadas 209 linhagens de aveia preta oriundas da cultivar IAPAR 61. Os caracteres analisados foram: desempenho, resistência à ferrugem da folha e à mancha foliar, tolerância à geada, massa verde total, porcentagem de massa seca, altura de planta, comprimento da panícula, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e massa da panícula. Os dados fenotípicos foram submetidos à análise de variância univariada ($p \leq 0,01$) e estimados os parâmetros genéticos por meio das esperanças matemáticas dos quadrados médios. As estimativas do componente de variância entre linhagens foram significativas mostrando que existe diferença entre as linhas puras. As estimativas da variância fenotípica entre as médias das linhagens (σ^2_F), variância ambiental (σ^2_e), variância genética (σ^2_G), herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genético (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVe), razão entre os coeficientes de variação genético e ambiental, quociente \hat{b} (CVG/CVe) e acurácia (rgg') indicaram uma situação muito favorável a seleção para todas as características analisadas nas 209 linhagens de aveia preta. Diante destes resultados foi possível verificar que existe variabilidade genética na cultivar heterogênea de aveia preta IAPAR 61, possibilitando a seleção de 100 linhas puras com base nos valores obtidos para herdabilidade, para continuidade no processo de seleção. As linhas puras selecionadas associam boa produção de sementes, alto potencial forrageiro e de cobertura do solo e resistência para ferrugem da folha e mancha foliar.

Palavras-chave: Variabilidade genética; *Avena strigosa* Schreb; Parâmetros genéticos; Massa verde; Herdabilidade.

ABSTRACT

Even thirty years after its release, the black oat cultivar IAPAR 61 presents the best results for forage production and soil coverage in the Southern region. However, the successive use of the grain as seed by the producer can cause natural variability due to mechanical mixing, natural hybridization and mutation. In view of the great importance of this cultivar in the market, the interest of producers and researchers has been aroused to launch a new cultivar derived from its genotype, which maintains the phenotype of the main characteristics, enhancing its forage use and valuing a good seed production. Considering the above, the selection of inbred lines within the IAPAR 61 cultivar may provide the launch of an improved black oat cultivar. Thus, the main objective of this work was to perform a cycle of selection of inbred lines within the cultivar IAPAR 61, aiming to obtain a new cultivar to replace the existing one with advantage and at the same time obtain estimates of genetic and phenotypic parameters that can assist in the selection, seeking the identification and exploitation of genetic variability through the estimation of genetic parameters. The work was conducted at the IDR-Paraná Research Hub, in Ponta Grossa (PR), during the 2021 harvest. We evaluated 209 lines of black oats from the cultivar IAPAR 61. The characters analyzed were: performance, resistance to leaf rust and leaf spot, frost tolerance, total green dough, percentage of dry dough, plant height, panicle mass, number of grains per panicle, mass of one thousand grains, and panicle weight. Phenotypic data were subjected to univariate analysis of variance ($p \leq 0.01$) and genetic parameters were estimated using the mathematical expectation of mean squares. The estimates of the variance component between strains were significant showing that there is a difference between the pure lines. The estimates of phenotypic variance among line means ($\hat{\sigma}_F$), environmental variance ($\hat{\sigma}_e$), genetic variance ($\hat{\sigma}_G$), heritability (h^2), coefficient of genetic variation (CVG), coefficient of environmental variation (CVe), ratio between genetic and environmental coefficients of variation, quotient \hat{b} (CVG/CVe) and accuracy (rgg') indicated a very favorable situation for selection for all traits analyzed in the 209 black oat lines. Given these results it was possible to verify that there is genetic variability in the heterogeneous black oat cultivar IAPAR 61, enabling the selection of 100 pure lines based on the values obtained for heritability, for continuity in the selection process. The selected pure lines associate good seed production, high forage and soil coverage potential and resistance to leaf rust and leaf spot.

Keywords: Genetic variability; *Avena strigosa* Schreb; Genetic parameters; Greendough; heritability.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Seleção inicial de 209 panículas dentro da cultivar de aveia preta IAPAR 61 (1ª Etapa), no Polo de Pesquisas do IDR-Paraná em Ponta Grossa-PR.....27
- Figura 2 - Escala diagramática para avaliação da ferrugem da folha (*Puccinia coronata* var. *avenae*). Os valores são porcentagens de área foliar com sintoma da doença..... 28
- Figura 3 - Escala diagramática para avaliação do complexo de manchas foliares. Os valores são porcentagens de área foliar com sintoma da doença..... 28
- Figura 4 - Aspecto geral do experimento de avaliação agronômica das 209 linhagens de aveia preta na safra 2021 (2ª Etapa). Polo de Pesquisas do IDR-Paraná em Ponta Grossa..... 30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 -Análise de variância para fontes de variação entre e dentro de linhagens..... 31
- Tabela 2 -Resumo da análise de variância para as variáveis fenotípicas desempenho (D), ferrugem da folha (F), mancha foliar (MF), número de grãos por panícula (NG), comprimento da panícula (CP)(cm), massa da panícula (PP)(g), porcentagem de massa seca (MS%) e altura de planta (cm)(A) de linhas puras oriundas da cultivar de aveia preta IAPAR 61. Ponta Grossa, 2023..... 34
- Tabela 3 -Média (m) e desvio padrão (DP) das variáveis desempenho (D) (nota), ferrugem da folha (F)(%), mancha foliar (MF)(%), tolerância à geada (G)(nota), porcentagem de massa seca (MS%), altura de planta (A)(cm), comprimento da panícula (CP)(cm), número de grãos por panícula (NG), massa de mil grãos (MMG) (g) e massa da panícula (PP)(g). Ponta Grossa, 2023..... 36
- Tabela 4 -Estimativas da variância fenotípica (σ^2_F), variância ambiental (σ^2_e), variância genética (σ^2_G), herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genético (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVe), quociente \hat{b} (CVG/CVe) e acurácia (rgg') para as características avaliadas em 209 linhagens de aveia. Ponta Grossa, 2023..... 37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 HIPÓTESE	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 CULTURA DA AVEIA PRETA	16
4.2 O MELHORAMENTO GENÉTICO DA <i>AVEIA PRETA</i> E A CULTIVAR IAPAR 61.....	18
4.3 MÉTODO DE SELEÇÃO DE LINHAS PURAS	21
4.4 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS	24
5 MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1 MATERIAL BIOLÓGICO.....	26
5.1.1 Seleção de caracteres agronômicos - 1ª Etapa.....	26
5.1.2 Avaliação agronômica das linhagens selecionadas – 2ª Etapa	27
5.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	30
5.2.1 Parâmetros Genéticos	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Dentre as várias espécies de aveia, pertencentes ao gênero *Avena*, as que se destacam devido ao duplo propósito para alimentação animal (produção de forragem) e produção de grãos são a aveia branca (*Avena sativa* L.), a aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch) e a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Dessas alternativas, a aveia preta ganhou destaque, em função do alto rendimento de forragem, maior resistência a doenças e tolerância ao pisoteio (CECATO *et al.*, 2001; FLOSS, 1988).

A cultivar de aveia preta IAPAR 61 é a que tem apresentado melhores resultados para produção de forragem e cobertura do solo na região Sul (ASSIS ALIANÇA *et al.*, 2022). Todavia, esta cultivar que foi lançada em 1993, é hoje considerada de domínio público e apesar das cultivares de espécies autógamas serem obtidas a partir de linhagens puras, estas tornam-se heterogêneas com o passar do tempo após sucessivos ciclos de cultivo (RAMALHO *et al.*, 2012).

Este fato tem provocado alguns entraves como ciclo desuniforme e a baixa produção de massa seca, acarretando o déficit na produção de sementes (MONTARDO *et al.*, 2010). Estes problemas fazem a cultivar perder gradativamente a sua homogeneidade. Logo, não se pode garantir a procedência, a qualidade e até mesmo a autenticidade.

Diante da grande importância desta cultivar no mercado, mesmo após trinta anos de seu lançamento, despertou-se o interesse de produtores e pesquisadores para o lançamento de uma nova cultivar derivada de seu germoplasma, que mantenha os fenótipos que caracterizam a cultivar, potencializando o seu uso forrageiro e prezando por uma boa produção de sementes.

Mediante o exposto, a realização da seleção de linhas puras dentro dessa cultivar poderá proporcionar o lançamento de uma cultivar melhorada, que tenha um melhor desempenho forrageiro aliado a produção de sementes de qualidade que venham a somar nos cultivos agrícolas das regiões produtoras. Para que a seleção seja exercida com eficiência, as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos devem ser obtidas. As estimativas da variância genética ($\hat{\sigma}_G$) coeficiente \hat{b} (CVG/Cve), herdabilidade no sentido amplo (h^2) e acurácia (rgg') são parâmetros úteis para balizar as estratégias de seleção (KLEIN *et al.*, 2022).

Neste sentido, a presente pesquisa teve por objetivo realizar a seleção de linhas puras dentro da cultivar de aveia preta IAPAR 61, buscando a identificação e a exploração da variabilidade genética, sendo norteadas pela estimativa dos parâmetros genéticos,

visando no futuro prospectar uma nova cultivar de aveia preta com maior potencial forrageiro e elevada produção de sementes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a seleção de linhas puras dentro da cultivar de aveia preta IAPAR 61 buscando a identificação e a exploração da variabilidade genética, visando prospectar uma nova cultivar de aveia preta com maior potencial forrageiro e elevada produção de sementes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Explorar a variabilidade genética existente dentro da cultivar de aveia preta IAPAR 61, por meio da avaliação das 209 linhagens de aveia preta oriundas da cultivar IAPAR 61, tendo em vista um maior potencial forrageiro e elevada produção de sementes.

Estimar os parâmetros genéticos associados às características fenotípicas com maior potencial forrageiro e de produção de sementes do conjunto de linhagens puras selecionadas.

Selecionar, a partir da cultivar IAPAR 61, linhas puras fenotipicamente superiores para as características agronômicas desejáveis em relação a cultivar original.

3 HIPÓTESE

A existência de variabilidade genética dentro da cultivar de aveia preta IAPAR 61, permitirá realizar a seleção de novas linhas puras de aveia forrageira, para no futuro proporcionar o lançamento de uma cultivar melhorada.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) é considerada uma das principais forrageiras anuais cultivadas no período de inverno na região-sul do Brasil, sendo que esta cultura tem aptidão para produção de forragem, semente e cobertura verde para proteção do solo.

Esta espécie é a forrageira mais utilizada entre as opções de pastagens cultivadas no período de inverno, destacando-se pelo elevado potencial produtivo de massa seca, rusticidade às doenças, por tolerar temperaturas mais amenas e solos mais compactados (CONAB, 2021; FRANÇA, 2018).

4.1 CULTURA DA AVEIA PRETA

A aveia (*Avena* spp.) é uma planta de clima temperado, pertencente à família Poaceae (MAZOCCO, 2019). No Brasil há predomínio da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e da aveia branca (*Avena sativa* L.) (DE MORI, 2012).

A aveia preta é uma espécie diploide, com genoma AA (2X) e número cromossômico básico 7 ($2n=2x=14$) (FEDERIZZI *et al.*, 2005). Esta cultura de grande potencial econômico é uma poacea anual de inverno que tem seu centro de origem localizado na Ásia e no Oriente Médio, sendo que no início dos tempos, foi considerada uma espécie invasora dos campos de produção de trigo e de cevada (SANTOS *et al.*, 2018).

Dentre tantas características promissoras, pode-se destacar a rusticidade da espécie, o crescimento vigoroso e a boa adaptabilidade aos solos pouco férteis, traduzindo em uma forragem de qualidade elevada (SANTOS *et al.*, 2009).

A aptidão agrícola da aveia preta se dá de várias formas: forragem verde ou conservada, feno e produção de palhada para a realização da semeadura direta de culturas de verão (RANGEL *et al.*, 2002; SUTTIE; REYNOLDS, 2004).

Por não haver na literatura a totalidade da área cultivada de aveia para produção de forragem e cobertura de solo, estima-se que a área destinada a esta finalidade seja de aproximadamente seis milhões de hectares (ROSINHA, 2020).

Outro fator limitante e preocupante é a produção de sementes no Brasil. O SIGEF (Controle de produção de sementes e mudas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) registrou na safra 2019 área de 55.889,24 hectares com 15 cultivares comerciais e duas linhagens, resultando em uma estimativa de produção de 111.737,97

toneladas de sementes para as categorias genética, básica, C1, C2, S1 e S2 (BRASIL, 2020). Considerando o uso como planta de cobertura, a aveia preta ganhou força junto ao engajamento de produtores no Sistema de Plantio Direto (SPD) (RANGEL *et al.*, 2002). No Brasil, esse sistema de semeadura foi estabelecido no final da década de 70, tornando-se uma das principais formas de conservação do solo atrelado a boa produtividade agrícola (DERPSCH *et al.*, 2010; KASSAM *et al.*, 2015).

A preferência pela utilização desta espécie como alternativa de cobertura está relacionada principalmente com a facilidade na implantação, a excelente capacidade de perfilhamento o que leva à rápida formação da cobertura vegetal (GFELLERA *et al.*, 2018). Além disso apresenta notável resistência à pragas e doenças, elevada rusticidade, tolerância à seca, eficiente reciclagem de nitrogênio elevando a relação C:N (>30) (REEVES; 1994), somado ao benéfico e elevado efeito alelopático que a mesma exerce sobre plantas daninhas (BORTOLINI *et al.*, 2000; GFELLERA *et al.*, 2018).

A resistência à doenças é um fator marcante e decisivo na escolha da aveia preta pelo produtor, entretanto, com os anos a cultura passou a apresentar certa suscetibilidade a determinados patógenos, acarretando em uma redução do rendimento e da qualidade dos grãos. Este é o caso da cultivar IAPAR 61, que em seu lançamento por exemplo, foi registrada como resistente a ferrugem da folha (*Puccinia coronata f. spp. anenae*) (LOVATTO *et al.*, 2021) e a mancha foliar (MARTINS *et al.*, 2019), mas nos dias atuais apresenta suscetibilidade.

Com a inserção da aveia nos diferentes sistemas de produção agrícola, foi criada uma nova visão sobre esta espécie, que passou a ser vista e utilizada tanto em pequenas quanto em grandes propriedades com sistemas mecanizados e alta tecnologia agrícola, tornando-se uma interessante alternativa com grande potencial econômico aos produtores e promissora aptidão para pesquisa.

Considerando o exposto, a disponibilidade de novos genótipos melhor adaptados ao pastejo e corte, alteraram a distribuição mundial de aveia, que além de zonas temperadas, passou a ser utilizada em regiões subtropicais (LIZOT *et al.*, 2017).

De acordo com o IBGE (2022), o Paraná continua a ser a potência leiteira nacional. A maior produtividade de leite do Brasil é a dos Campos Gerais. A cidade de Castro (PR) foi considerada a campeã nacional com 363,9 milhões de litros, seguida de Carambeí (PR), com 224,8 milhões. Estas duas cidades paranaenses produziram juntas um montante de 588,7 milhões de litros em 2021, de um total de 35 bilhões no país, com crescimento de 29,97% (Castro) e 24,88% (Carambeí) em relação ao ano anterior.

A região Centro Oriental Paranaense é conhecida pela alta relevância na cadeia de produção leiteira do país. São mais de 50.000 animais em lactação, produzindo 1,5 milhões de litros por dia. O uso de tecnologias que melhorem cada vez mais a produção de leite é um dos focos desta região, sendo que o alimento consumido por esses animais está diretamente relacionado a essa produtividade leiteira diária (IBGE, 2021).

Cargnelutti Filho *et al.* (2015), associam esse altíssimo desempenho à alta tecnologia e uma excelente nutrição animal. Associados à competência dos pecuaristas, investimentos em genética, sanidade e gestão, explicando esse salto em produtividade.

Sob essa perspectiva, a nutrição é uma das ferramentas de maior importância em todos os custos e a forma mais rentável é a produção de volumosos de qualidade, seja na forma de pasto, silagem ou feno. Nesta mesma região, no verão, é produzida silagem de milho e, no inverno, uma forrageira capaz de proporcionar alta proteína bruta e é neste momento que a aveia se torna uma excelente opção de inverno (LEHMEN *et al.*, 2014). Embora os números demonstrem promissora região para condução de cultivares forrageiras, as coleções de germoplasma limitadas associadas com poucos melhoristas treinados com formação na área e as próprias dificuldades impostas pelas características das plantas forrageiras, têm limitado o avanço nas pesquisas e desenvolvimento de novas cultivares (VALLE *et al.*, 2012).

Esse fato é prejudicial ao pecuarista, pois segundo Machado (2000), o primeiro passo para a implantação de uma área para pastejo é a escolha da espécie e cultivar. Na Região Sul, no inverno essa escolha fica muito restrita, pois a planta forrageira precisa suportar o clima, o pisoteio dos animais e a rebrota precisa ser rápida. Nesse caso, é comum o uso da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), visto que a aveia branca (*Avena sativa* L.) têm maior concentração de cultivares para produção de grãos e poucas para duplo-propósito (grãos e forragem).

4.2 O MELHORAMENTO GENÉTICO DA AVEIA PRETA E A CULTIVAR IAPAR 61

É de conhecimento geral a relevância do melhoramento genético de plantas para a evolução humana, sendo que através da domesticação das plantas cultivadas, muitos benefícios foram implantados pela ciência do melhoramento. Por meio da seleção de plantas superiores, podemos afirmar que a maior parte das culturas cultivadas atualmente passaram por algum tipo de melhoramento (KLEIN *et al.*, 2019).

Esta ciência consiste em ampliar e criar variabilidade genética por meio de métodos de hibridações artificiais, introgressão de genótipos e mutações a fim de desenvolver populações segregantes melhores, com possibilidade de selecionar novos genótipos com maior

potencial agronômico e adaptados às condições ambientais. Para que haja progresso genético com a seleção artificial de qualquer espécie, é indispensável a existência de variabilidade genética na constituição da população (TAVARES *et al.*, 1993).

De acordo com a literatura, enfatizando o germoplasma de aveia, as espécies silvestres em particular são uma fonte valiosa de novos alelos, úteis para os programas de melhoramento genético (BOCZKOWSKA *et al.*, 2016).

Os programas de melhoramento de forrageiras são muito complexos pelo fato de que devem direcionar a seleção dos novos genótipos para o aumento da qualidade e produtividade forrageira, voltadas à melhoria da eficiência da produção animal, como carne e leite (JANK *et al.*, 2011).

As cultivares que são desenvolvidas com a finalidade forrageira, devem fornecer crescimento rápido no outono e na primavera, produção de grande número de perfilhos e permanecer em estágio vegetativo por um período mais longo do que as cultivares com aptidão para produção de grãos (KIM *et al.*, 2014).

Considerando o exposto, um genótipo de ciclo tardio tem maior interesse porque no estágio vegetativo a qualidade de forragem é muito melhor do que no estágio reprodutivo (COBLENTZ; WALGENBACH, 2010).

Um programa de melhoramento genético que objetiva o desenvolvimento de cultivares que atendam a demanda forrageira e granífera deve focar no estudo de características que atendam tolerância às baixas temperaturas (CHAWADE *et al.*, 2012), à estiagem e resistência a doenças (KIM *et al.*, 2014). Até 1993 não existiam programas de melhoramento de aveia preta no Brasil, porém já havia demanda por cultivares com bom desempenho forrageiro e para coberturado solo (FEDERIZZI; MUNDSTOCK, 2004; SILVEIRA *et al.*, 2010).

Com a promulgação da Lei de Proteção de Cultivares no ano de 1997 (BRASIL, 1997), os obtentores foram incentivados a desenvolver novos genótipos melhorados, sendo que em 1999, são relatadas as primeiras cultivares melhoradas: Embrapa 29 (Garoa), Embrapa 139, Iapar 61 e Embrapa 140 (BRASIL, 2020).

Estas primeiras cultivares lançadas no mercado resultaram de seleções de plantas individuais ou seleção massal de plantas dentro de populações da aveia preta comum, caracterizada pela elevada desuniformidade em relação às características de ciclo vegetativo, estatura de plantas, rendimento forrageiro e resistência a doenças (SILVEIRA *et al.*, 2010).

Em 2003 o setor produtivo brasileiro passou por outra mudança abrupta, pela criação da Lei de Sementes, Lei nº 10.711 de 5 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003), a qual estabelece os padrões de identidade e qualidade para as sementes produzidas e

comercializadas no Brasil. A partir disto, pesquisadores do melhoramento genético voltaram seus trabalhos a desenvolver novas linhagens por meio de seleção individual com teste de progênie em populações segregantes oriundas de cruzamentos artificiais ou através de programas de mutações induzidas (SILVEIRA, 2009; SILVEIRA *et al.*, 2010). Atualmente estão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) 18 cultivares de aveia preta dos seguintes obtentores: Agroalpha, Fundação Pró-Sementes de Apoio à Pesquisa, Embrapa, Gaúcha Melhoramento e Avanço em Genética LTDA, IDR-Paraná e Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF) (KEHL, 2021).

Segundo Kehl (2021), o processo para o registro de cultivares junto ao RNC exige a submissão de um formulário que contenha os resultados dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), que leva em conta características gerais da espécie, dividindo-se em sete itens: descritores, características agronômicas, reação a pragas e adversidades, avaliação de produtividade, de qualidade e informações adicionais.

Logo após a análise do pedido para o registro, para que seja efetuada a proteção é necessário constatar a distinguibilidade, a homogeneidade e a estabilidade (DHE) do novo cultivar, sendo esta proteção concedida pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) e publicada no Diário Oficial da União (DOU) (BRASIL, 2020).

O nome IDR-Paraná carrega ao longo dos anos uma bagagem extensa de muita pesquisa e dedicação às plantas forrageiras que são os pilares do desenvolvimento agropecuário do estado. Este importante instituto de pesquisa e ensino, recentemente, está passando por uma transformação no setor de melhoramento genético de plantas forrageiras, tendo como principal objetivo a dedicação integral e esforços voltados para os projetos de exploração da variabilidade em populações de aveia branca (*Avena sativa* L.) e de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) (MOREIRA DA SILVA *et al.*, 2022).

O antigo IAPAR ao longo de sua história disponibilizou aos produtores várias cultivares de aveia forrageira e de cobertura do solo. Uma das estrelas que carregam o nome da instituição é a aveia preta IAPAR 61, cultivar de grande potencial econômico e com desempenho agrônômico considerável no mercado forrageiro e de cobertura do solo (MOREIRA DA SILVA *et al.*, 2022).

A cultivar de aveia preta IAPAR 61 é a que tem apresentado melhores resultados para produção de forragem e cobertura do solo na região Sul (ASSIS ALIANÇA *et al.*, 2022). Todavia, esta cultivar lançada em 1993, é hoje considerada de domínio público e também produzida de maneira ilegal por vários sementeiros, o que tem provocado alguns entraves como ciclo desuniforme, baixa produção de massa seca e má formação da panícula, acarretando em déficit na produção de sementes (MONTARDO *et al.*, 2010). Estes problemas fazem a cultivar

perder gradativamente a sua identidade genética. Logo, não se pode garantir a procedência, qualidade e até mesmo a autenticidade.

A pirataria de sementes é um fator extremamente limitante, considerando que para garantir o sucesso do sistema é necessário o uso de sementes com alto vigor, garantindo uma homogeneidade da população, característica nem sempre atendida, devido ao frequente uso de sementes fora da legislação (LEMOS *et al.*, 2019).

De acordo com o IDR-Paraná (2021), esta cultivar foi selecionada em população de aveia preta comum é destinada à alimentação animal (pastejo direto, verde no cocho, feno e silagem) e ao manejo e conservação de solo (como cobertura de solo e opção na rotação de culturas).

A cultivar Iapar 61 apresenta ciclo tardio, cerca de 134 dias desde a emergência até a plena emissão das panículas, possibilitando maior número de pastejo e cortes, aumenta o rendimento forrageiro e prolongando o período de cobertura do solo. A elevada produção de massa seca e a lenta decomposição da palhada reduzem a população de plantas espontâneas e melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Excelente alternativa para rotação com culturas de verão (soja, feijão, milho, girassol etc.) e no sistema de plantio direto (IDR-PARANÁ, 2021).

Mediante o exposto, a realização de uma seleção de linhas puras dentro dessa cultivar poderá proporcionar o lançamento de uma cultivar melhorada, com melhor desempenho forrageiro, aliado à produção de sementes de qualidade que venham a somar nos cultivos agrícolas das regiões produtoras.

Com a exploração da variabilidade genética de aveias forrageiras por meio da seleção de linhas puras dentro da cultivar IAPAR 61, será possível registrar uma nova cultivar mais produtiva e com garantia da Lei de Proteção de Cultivares. Essa nova cultivar melhorada e protegida pode apresentar grande potencial para suprir a demanda da produção de pastagens no Brasil e para exportação para países Europeus.

Logo, espera-se que a seleção dentro da cultivar IAPAR 61 possibilitará a obtenção de novas linhagens com maior produção de massa verde/seca, que terão um promissor potencial forrageiro, para no futuro possibilitar o lançamento de nova cultivar de aveia preta melhorada.

4.3 MÉTODO DE SELEÇÃO DE LINHAS PURAS

Este método denominado de seleção de linhas puras foi nomeado e iniciado pelo botânico dinamarquês W. L. Johannsen, no ano de 1903, sendo resultado de uma série de

experimentos com a cultivar de feijão *Princess* (*Phaseolus vulgaris* L.) (AMARAL, 2017).

Johannsen ao investigar o efeito da seleção sobre o caráter massa das sementes de feijão, separou as sementes em dois grupos: as mais pesadas e as mais leves. A princípio, ele observou que as progênes de sementes mais pesadas, em geral, apresentavam maior massa média de grãos e progênes das sementes mais leves, menor massa média dos grãos (BUENO *et al.*, 2006).

Deste ponto, obteve 19 linhas puras, o que levou o pesquisador a concluir que a seleção em uma população heterogênea pode selecionar linhas diferentes entre si. Entretanto, no segundo ciclo de seleção Johannsen relatou a ineficiência do método paramais geração da variabilidade genética, visto que o genótipo dos indivíduos é homocigoto. As variações fenotípicas observadas nas linhagens eram apenas de componente ambiental (AMARAL, 2017).

Desta forma, ficou claro para Johannsen que a seleção só é eficiente quando aplicada a fenótipos de características herdáveis e que o método de seleção de linhas puras não gera variabilidade, ao contrário, isola linhas homogêneas (BORÉM *et al.*, 2009). Sendo assim, o termo *linha pura* designa a descendência de um indivíduo homocigoto oriundo de autofecundação.

A estabilidade de desempenho destas linhas puras irá depender quase que exclusivamente da sua plasticidade fenotípica, ou seja, do quanto o ambiente influenciará na expressão (MENDES *et al.*, 2018). Segundo os princípios estabelecidos por Johannsen em 1903, existem variações herdáveis e variações causadas pelo ambiente, sendo que a seleção só é eficiente se recair sobre diferenças herdáveis.

Bernardo (2014), relata a eficiência do método de seleção de linhas puras por meio da obtenção da cultivar de aveia vermelha Fulghum em 1910. Ao analisar uma população da cultivar de aveia vermelha Texas Rustproof, um fazendeiro notou que uma única planta era mais alta e com ciclo mais precoce que as demais plantas.

Desta forma selecionou esta planta em destaque e a semeou no ano seguinte. O fazendeiro percebeu que as plantas tinham um desempenho melhor do que a cultivar Texas Rustproof e guardou as sementes para os anos seguintes. Esta planta deu origem a 1000 plantas, que foram avaliadas e destas selecionadas 100 linhagens. No primeiro ano estas 100 foram avaliadas, dando origem a seleção de 20 linhagens promissoras, com bons valores obtidos para herdabilidade. No segundo ano, estas linhas puras foram avaliadas em mais locais e a partir delas foram selecionadas as 5 melhores. Estas 5 linhas puras foram novamente avaliadas em mais locais e a partir delas foi obtida a cultivar de aveia vermelha Fulghum, que mais tarde se

tornou a cultivar de aveia vermelha mais importante nos Estados Unidos (BERNARDO, 2014).

Segundo Bernardo (2014), o desenvolvimento de uma linha pura a partir de uma cultivar tem duas etapas. A primeira etapa envolve a seleção de plantas individuais baseada nos valores de herdabilidade para as características de interesse. Exemplos incluem ciclo, tipo de planta e resistência a algumas doenças. E a segunda etapa refere-se ao teste de progênie das linhas puras para a produção e outras características quantitativas. Tendo em vista que a mistura de genótipos diferentes que são oriundos da multiplicação de sementes, cruzamentos ocasionais e mutação são fontes de notável variabilidade genética, a presença de tal variação inexplorada interessa a seleção individual de plantas autógamas para futuros testes de linhagens (AMARAL, 2019).

O método de seleção objetiva isolar as plantas que apresentam fenótipo superior em uma população que apresente grande variabilidade genética, desta forma, a cada planta selecionada dará origem a uma linhagem. Então, estas linhagens são cultivadas em linhas, onde suas características serão mantidas através dos ciclos naturais de autofecundação (KONKOL, 2021).

O método de seleção de linhas puras, na descrição de Bueno *et al.* (2006), compreende três etapas. Na primeira etapa, há a seleção fenotípica, onde os caracteres agronomicamente importantes são levados em conta, sendo que para esta etapa, um grande número de plantas é coletado na população onde se observa a variabilidade genética. A segunda etapa, consiste na avaliação individual das progênies, visando a confirmação da efetividade da seleção realizada no ciclo anterior. Neste caso, a ausência da correspondência da progênie com a planta selecionada no ciclo anterior leva o descarte do material.

A terceira etapa é quando não se pode mais fazer a seleção por meio de observações. Logo, a seleção das melhores linhagens passa a exigir repetições e comparações entre elas e com variedades comerciais, sendo necessário a condução do experimento em vários ambientes, o que leva pelo menos três anos, para que seja possível a obtenção de novas cultivares e que estas sejam lançadas no mercado. Ao final desta etapa, novamente serão selecionadas as melhores linhagens para posterior avaliação. É um método eficiente dada a decorrência da repetição das avaliações e do alto controle ambiental, principalmente para caracteres de produtividade (ALLARD, 1971; BORÉM, 1998).

Percebe-se que a seleção de linhas puras dentro de cultivares disponíveis no mercado é um método que pode trazer bons resultados. Isso porque, embora as cultivares de espécies autógamas sejam obtidas a partir de linhagens puras, estas tornam-se heterogêneas após sucessivos ciclos de cultivo. Esta desuniformidade genética dentro de uma cultivar por ser em

função de mistura mecânica de sementes, possibilidade de polinização cruzada (baixa frequência) e/ou eventos espontâneos de mutação natural (RAMALHO *et al.*, 2012).

O método de seleção de linhas puras tem sido amplamente utilizada em diversos programas de melhoramento ao longo dos anos, tendo resultados muito satisfatórios para a cultura do arroz (LOVE, 1952), café (CARVALHO *et al.*, 1952), amendoim (ZANOTTO, 1993), feijão carioca (SANTOS *et al.*, 2002) e, mais recentemente, na soja (AMARAL *et al.*, 2019).

4.4 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS

Para o processo de seleção de genótipos superiores, é primordial conhecer a variabilidade existente para os caracteres que se deseja selecionar (CRUZ *et al.*, 2012). Segundo Rossmann (2001), esta variabilidade pode ser obtida por meio das estimativas de herdabilidade, coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental, variância genotípica e fenotípica, entre outros parâmetros.

Considera-se que a variação fenotípica é dada pelo resultado de uma ação conjunta entre o ambiente e o genótipo (KONKOL *et al.*, 2021). A variância genotípica, pode ser decomposta em três tipos de acordo com Fischer (1918), sendo elas: variância genética aditiva, a variância genética decorrente dos desvios de dominância e por fim a variância genética obtida pelos efeitos epistáticos de locos diferentes.

Tendo a variância genotípica particionada por Fisher (1918), podemos considerar como de maior importância a variância aditiva, dada que a mesma orienta sobre o esquema de seleção mais adequado e a sua magnitude está alinhada em determinar o sucesso da seleção a partir do ganho genético. Com base nisso, é possível estudar os fatores genéticos mais importantes em qualquer população por meio da variância genotípica, escolher o método de seleção mais adequado e estimar os ganhos genéticos esperados com a seleção artificial (VENCOVSKY, 1969).

A variância ambiental é outro componente importante da variância fenotípica, sendo que quanto maior for a proporção de efeitos ambientais dentro da variabilidade total, maior será a dificuldade na seleção de genótipos superiores (BORÉM, 1998).

A variação obtida da interação genótipo x ambiente é o terceiro componente da variância fenotípica, sendo que esta reflete uma resposta específica e diferente dos genótipos considerando as alterações ambientais (RAMALHO *et al.*, 2012).

Tendo como objetivo direcionar os trabalhos de melhoramento a fim de atenuar os

efeitos da mesma, a estimativa da variância da interação impacta diretamente na estimativa do coeficiente de herdabilidade, conseqüentemente, interferindo no ganho genético esperado para as características sob seleção (CRUZ *et al.*, 2012).

O valor da herdabilidade, por conta da sua magnitude, é utilizado em várias tomadas de decisões importantes, como a predição do ganho de seleção, podendo ser considerado um dos parâmetros mais importantes na seleção. Segundo Ramalho *et al.* (2012), é possível obter dois tipos de herdabilidade, podendo ser no sentido amplo e no sentido restrito.

A herdabilidade no sentido restrito é considerada útil para os melhoristas devido ao fato de quantificar a variância genética que pode ser transmitida para as próximas gerações. O coeficiente de herdabilidade é estimado a partir da regressão entre o fenótipo da planta genitora e a média das progênes, sendo ambas as variáveis mensuráveis (CARVALHO *et al.*, 1981; ROSSMANN, 2001). Considerando o exposto, por meio da estimativa do coeficiente de herdabilidade é possível prever o sucesso da seleção, refletindo a parte da variação fenotípica que pode ser herdada (FERREIRA, 2004).

A obtenção das estimativas dos parâmetros genéticos em uma determinada população que se pretende explorar para o melhoramento genético, permite fazer inferências sobre a variabilidade genética que esta apresenta e o que pode se esperar do ganho com seleção, sendo que tais estimativas são de grande valia para definir a melhor estratégia de seleção a ser adotada pelo pesquisador (CORREA *et al.*, 2003).

5 MATERIAL E MÉTODOS

Esta fase de seleção é parte de uma sequência de três etapas do programa de seleção de linhas puras dentro da cultivar heterogênea de aveia preta IAPAR 61, onde a primeira compreendeu a seleção dos caracteres agronomicamente importantes, sendo realizada na safra de 2019 (5.1.1).

Na segunda etapa (5.1.2), as linhagens selecionadas foram avaliadas agronomicamente e estimados os parâmetros genéticos. As duas etapas foram executadas no Pólo de Pesquisa e Inovação do IDR-Paraná, na cidade de Ponta Grossa, PR.

Para realização da terceira etapa, a seleção das melhores linhagens passa a exigir repetições e comparações entre elas e com variedades comerciais, bem como a avaliação em vários locais por mais três safras.

5.1 MATERIAL BIOLÓGICO

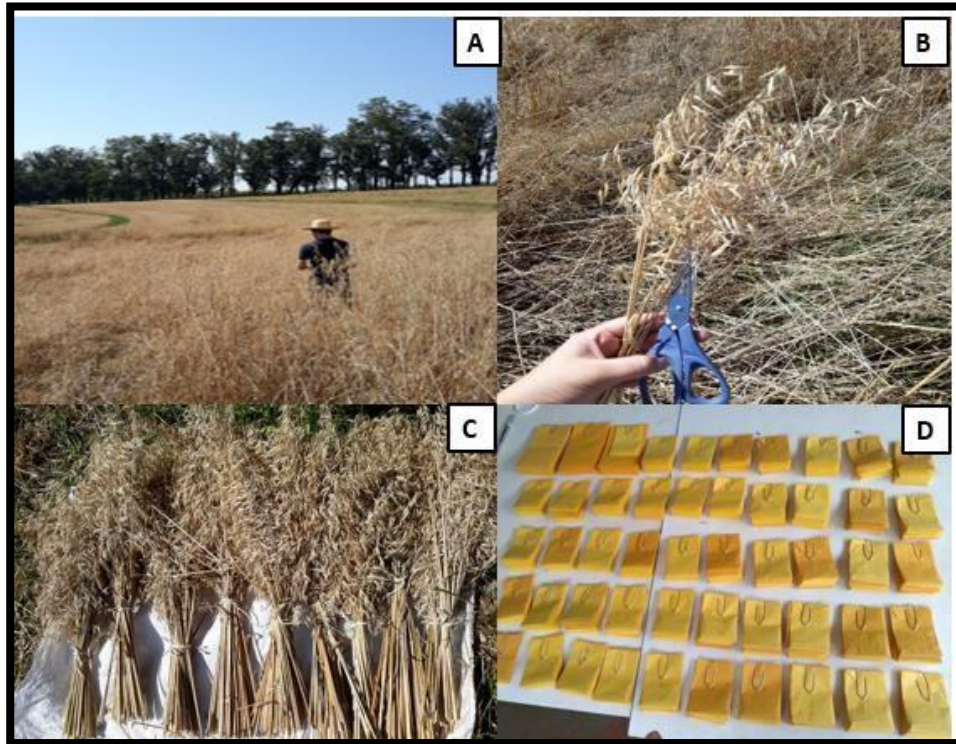
5.1.1 Seleção de caracteres agronômicos - 1ª Etapa

A seleção das plantas em uma população de indivíduos da cultivar IAPAR 61, que originaram as linhas puras, ocorreu durante o ano de 2019 no Pólo de Pesquisa e Inovação do IDR-Paraná, em Ponta Grossa, PR, que está situada geograficamente a 25°9'47" de latitude Sul e 50°9'47" de longitude Oeste, com altitude aproximada de 838m (NITSCHKE *et al.*, 2017). A safra de inverno de 2019 foi marcada pelo alto volume de precipitação pluviométrica por um longo período, seguido por uma variação de altas (30°) e baixas (0°) temperaturas e a incidência de geadas severas. Dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), indicaram que o inverno de 2019 teve a maior amplitude de temperaturas desde 1999 (INMET, 2019).

Na seleção das plantas dentro da cultivar IAPAR 61 os seguintes caracteres foram considerados: tamanho de panícula, altura de plantas, hábito de crescimento, perfilhamento, tolerância a geada, resistência a ferrugem da folha (*Puccinia coronata f. sp. avenae*), complexo de manchas foliares e VNAC (Virus do Nanismo Amarelo da Cevada).

As panículas plantas selecionadas foram trilhadas individualmente, dando origem às 209 linhagens de aveia preta que foram avaliadas agronomicamente na safra de 2021. Os detalhes da obtenção das 209 panículas podem ser observados na Figura 1, a seguir.

Figura 1. Seleção inicial de 209 panículas dentro da cultivar de aveia preta IAPAR 61 (1ª Etapa), no Polo de Pesquisas do IDR-Paraná em Ponta Grossa-PR.



A- Visualização do campo heterogêneo onde foi realizado o primeiro ciclo de seleção de linhagens (500 panículas). **B-** Coleta de uma panícula por planta selecionada. **C-** Feixes de panículas individualmente selecionadas. **D-** Pacotes com as sementes individualizadas de cada panícula selecionada.

5.1.2 Avaliação agrônômica das linhagens selecionadas – 2ª Etapa

As linhagens de aveia preta selecionadas na safra 2019 foram semeadas no dia 19 de abril de 2021, no Pólo de Pesquisas do IDR-Paraná, em Ponta Grossa, PR, em um experimento sem repetições. As sementes de cada panícula selecionada foi semeada numa linha de 1 metro de comprimento. Na condução da área de avaliação foram adotadas as recomendações técnicas para a cultura da aveia (CBPA, 2006).

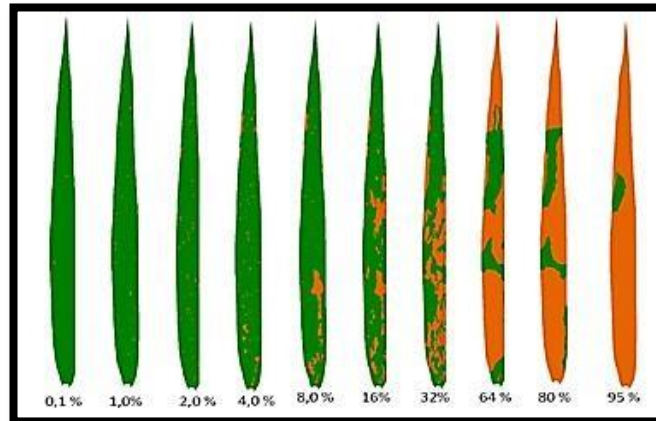
Nessa etapa foram avaliadas as seguintes características agrônômicas:

Desempenho (Nota para seleção das linhagens): foi avaliado o aspecto geral da parcela. As notas foram dadas por cinco avaliadores que utilizaram uma escala de notas de 0 (descarte) a 5 (selecionada).

Resistência às doenças: quando identificada a incidência de doenças foliares, foi analisada a severidade das doenças por meio de avaliações visuais, registradas em % de área foliar afetada. As notas foram dadas por cinco avaliadores que utilizaram escalas para ferrugem da folha e complexo de manchas foliares.

Ferrugem da folha (Puccinia coronata var. avenae) – Notas atribuídas por cinco avaliadores, por escala de notas para cereais (ALVES *et al.*, 2015), de acordo com a Figura 2.

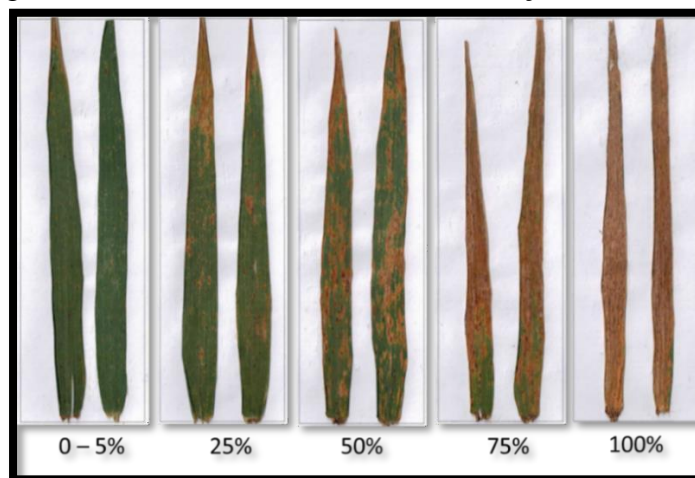
Figura 2. Escala diagramática para avaliação da ferrugem da folha (*Puccinia coronata* var. *avenae*). Os valores são porcentagens de área foliar com sintoma da doença.



Fonte: Alves *et al.* (2015)

Complexo de Manchas foliares – Notas atribuídas por cinco avaliadores por meio da escala diagramática da Fundação ABC (2018) (Figura 3).

Figura 3. Escala diagramática para avaliação do complexo de manchas foliares. Os valores são porcentagens de área foliar com sintoma da doença.



Fonte: Fundação ABC (2018).

Tolerância à geada: a avaliação da tolerância ocorreu sete dias após a ocorrência da geada, avaliando-se cinco plantas de cada linhagem, atribuindo notas de 0 altamente tolerante à geada (pouco ou nenhum sintoma de dano) a 9 altamente sensível à geada (muitas plantas com aspecto queimado).

Produção de massa verde (kg): No dia da colheita a massa total da parcela foi colhida e pesada para a obtenção da produção de massa verde em 1 linha de 1 metro.

Porcentagem de massa seca (%): três amostras de 100 gramas de cada parcela foram coletadas e submetidas em estufa de ventilação forçada a 60°C por um período de 72 horas (CBPA, 2006). Após este processo as amostras foram pesadas, obtendo a porcentagem de massa seca da parcela.

Altura de planta (cm): No dia da colheita, a altura de três plantas dentro da parcela foi medida da base da planta até o ápice da panícula.

Comprimento de panícula (cm), número de grãos por panícula, massa da panícula (g) e massa de mil grãos: De cada linhagem foram avaliadas cinco panículas aleatórias para as características mencionadas acima.

Com base nas características avaliadas e nos dados estatísticos obtidos, as 209 linhagens foram trilhadas individualmente e armazenadas. Destas linhagens foram selecionadas 100 que seguiram para a terceira etapa de avaliação.

Figura 4. Aspecto geral do experimento de avaliação agrônômica das 209 linhagens de aveia preta na safra 2021 (2ª Etapa). Polo de Pesquisas do IDR-Paraná em Ponta Grossa.



A- Distribuição das 209 linhagens em linhas de 1 metro. **B-** Aspecto visual do sulco de semeadura. **C-** Visualização da geada sobre as linhagens de aveia. **D-** Colheita manual das parcelas experimentais. **E-** Separação das panículas para avaliação. **F-** Colheita das parcelas experimentais.

Para as variáveis desempenho (D), ferrugem da folha (F), mancha foliar (MF), número de grãos por panícula (NG), comprimento de panícula (CP) e massa de panícula (PP) foram realizadas em 5 repetições. Por outro lado, para as variáveis tolerância a geada (G), porcentagem de massa seca (%MS) e altura de planta (A) foram realizadas em 3 repetições.

Os detalhes da condução da segunda etapa, referente a avaliação agrônômica das linhagens selecionadas, estão dispostos na Figura 4.

5.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados fenotípicos foram submetidos à análise de variância univariada e na sequência estimados os parâmetros genéticos no *software* Genes (CRUZ, 2018).

O modelo matemático para a análise de variância univariada é apresentado abaixo:

$$y_{ij} = m + t_i + e_{ij}.$$

Onde:

y_{ij} : é o valor observado na amostra que recebeu o tratamento i na amostra j .

m : é a média geral do experimento.

t_i : é o efeito devido ao tratamento i .

e_{ij} : o erro médio associado a cada observação. A variância média entre as amostras obtidas dentro de cada linha.

A estrutura da análise de variância para as fontes de variação entre e dentro de linhagens é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise de variância para fontes de variação entre e dentro de linhagens.

Fontes Variação	GL	QM	E (QM)
Entre linhas puras	t-1	Q1	$\hat{\sigma}_e^2 + k\hat{\sigma}_G^2$
Dentro das Linhas puras	t(k-1)	Q2	$\hat{\sigma}_e^2$
Total	kt-1		

K: número de observações que deram origem a média.

5.2.1 Parâmetros Genéticos

Para que o processo de seleção fosse mais eficiente, tornando as decisões mais precisas, foram estimados os parâmetros genéticos para todas as características avaliadas. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico GENES (CRUZ, 2018).

Foram estimados os seguintes parâmetros:

- A partir das esperanças dos quadrados médios da análise de variância:

$$\text{Variância genética } (\hat{\sigma}_G) (\hat{\sigma}_G) = (Q1 - Q2)/k$$

Sendo (r) o número de repetições, (Q1) o quadrado médio entre linhas e (Q2) o quadrado médio do erro, obtidos por meio da análise de variância.

- Variância ambiental ($\hat{\sigma}_e$) ($\hat{\sigma}_e$) = Q2/k
- Variância fenotípica entre média das linhas puras ($\hat{\sigma}_F$) ($\hat{\sigma}_F$) = Q1/k
- Coeficiente de herdabilidade (h^2) estimada por meio da expressão de Vencovsky & Barriga (1992):

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_F^2} * 100$$

Coeficiente de Variação Genético

$$CV_G (\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{m} * 100$$

- Coeficiente de Variação Ambiental

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{Q2}}{m} * 100$$

Em que:

CV_G : coeficiente de variação genético; CV_e : coeficiente de variação ambiental; m : média geral do experimento.

- Razão entre coeficientes de variação genético e ambiental (quociente \hat{b}).

$$\hat{b} = \frac{CV_G}{CV_e}$$

- Acurácia ($r_{gg'}$) (RESENDE; DUARTE, 2007), por meio da expressão:

$$r_{gg'} = (1 - 1/Fc)^{0,5}$$

Em que: $Fc \geq 1$; e $r_{gg'} = 0$, para $Fc < 1$, em que Fc é o valor do teste F para genótipo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro indicativo da presença de variabilidade genética em plantas de aveia preta da cultivar IAPAR 61 ocorreu a campo na safra de 2019, por meio da heterogeneidade fenotípica observada entre as plantas. Essa variabilidade genética, segundo Ramalho (2012), pode ter surgido devido à mistura mecânica de sementes, mutação natural e à hibridação natural.

Assim, a partir dos resultados das análises de variância individuais dos experimentos de 2021, testou-se a homogeneidade dos erros para as variáveis fenotípicas avaliadas, assumindo que o conjunto de dados segue uma distribuição normal para todas as variáveis estudadas. Logo, considerou-se os experimentos homogêneos (PIMENTEL GOMES, 2009).

Das onze características estudadas, apenas a tolerância à geada (G), massa verde (MV) e a massa de mil grãos (MMG) não foram analisadas estatisticamente. Tolerância à geada por não apresentar dano significativo no conjunto de linhagens, massa verde e massa de mil grãos por apresentarem uma única repetição.

Os resultados das análises da variância comprovaram a existência de variação entre as linhas puras para todos os caracteres avaliados ($P < 0,01$), evidenciando que houve variabilidade entre as médias das linhagens de aveia preta, permitindo inferir a possibilidade de sucesso com a seleção artificial (Tabela 2).

A constatação da existência de variabilidade nessa população de aveia preta é concordante com o trabalho de Tokatlidis (2015), onde o autor apresenta um levantamento de trabalhos publicados que relata a ocorrência de variação genética dentro de linhas puras em várias situações. Isto ocorre porque o genoma das espécies é mais flexível e plástico do que se imaginava anteriormente.

As cultivares de espécies autógamas, quando não híbridas, possuem na sua constituição, na maioria dos casos, uma linha pura (linhagem). Teoricamente cada linhagem que constitui a cultivar deve ser homogênea e estável. Contudo, nem sempre é assim, pois normalmente ocorre variação genética dentro de uma cultivar. São inúmeras as causas dessas variações.

Entre essas causas, a mistura mecânica é a mais agravante no caso da cultivar IAPAR 61, porque, assim como em diversas espécies autógamas, existe uma corriqueira utilização dos grãos como semente em diversas safras, por vários produtores rurais. Além disso, existe entre os produtores, um intercâmbio de sementes.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis fenotípicas desempenho (D), ferrugem da folha (F), mancha foliar (MF), número de grãos por panícula (NG), comprimento da panícula (CP)(cm), massa da panícula (PP)(g), porcentagem de massa seca (MS%) e altura de planta (cm)(A) de linhas puras oriundas da cultivar de aveia preta IAPAR 61. Ponta Grossa, PR, 2023.

Fontes de Variação	Quadrado Médio(QM)											
	GL	D	F	MF	NG	CP	PP					
Entre Linhas Puras	2088,577	**	3207,92	**	4666,39	**	1454,5	**	103,86	**	0,72	**
Dentro das Linhas puras	8360,299		106,79		238,37		70,62		6,82		0,31	
Acurácia (r_{gg})	98,24		98,32		97,41		97,54		96,66		97,8	
C.V. (%)	16,95		35,66		34,91		14,73		10,17		24,36	
Continuação												
Fontes de Variação	Quadrado Médio(QM)											
	GL	%MS	A									
Entre Linhas Puras	208789,32	**	69,53	**								
Dentro das Linhas puras	418119,35		11,014									
Acurácia (r_{gg})	92,13		91,74									
C.V. (%)	23,16		2,64									

** , * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

As estimativas dos CVe variaram de 2,64% para altura de planta a 35,66% para a severidade de ferrugem da folha (Tabela 2). A ocorrência de diferenças nas estimativas do CVe são esperadas, em função da magnitude do erro na obtenção dos dados experimentais e o tipo de caracter que influencia a magnitude da média (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2012).

Porém, comparações de estimativas de CVe de diferentes caracteres são sempre complicadas. Entretanto, o CVe das características analisadas estão dentro do que é considerado preciso pela literatura. Segundo Pimentel Gomes (2009), o valor do CVe seria considerado baixo quando for inferior a 10%, médio quando de 10 a 20%, alto de 20 a 30% e muito alto quando superior a 30%. Garcia (1989) também apresenta uma tabela para a classificação das estimativas do CVe .

Contudo, essas classificações são úteis apenas para algumas espécies e determinados caracteres. Devido à dificuldade de comparar estimativas de CVe pelas razões já apontadas, Resende e Duarte (2007) apresentaram algumas vantagens do emprego das estimativas da acurácia (r_{gg}) ao invés do CVe para avaliar a precisão experimental. Por essa razão nesse trabalho também foram obtidas as estimativas de r_{gg} para confirmar a precisão experimental (Tabela 2).

A acurácia reflete a precisão da seleção e refere-se à correlação entre o valor genético predito e o valor genético verdadeiro do indivíduo (PIMENTEL *et al.*, 2014). No entanto um dos entraves à obtenção de ganhos genéticos mais expressivos nomelhoramento de plantas é a baixa acurácia seletiva (RESENDE, 2004).

Constata-se que para todas as características avaliadas a r_{gg} foi superior a 91%. Esses valores possibilitam inferir que a precisão experimental foi muito boa para todos os caracteres, indicando a princípio que a variância genética entre as linhas puras foi bem superior a variância do erro, como será detalhado posteriormente. No presente trabalho, a estimativa da acurácia foi utilizada para aferir sobre a precisão experimental, considerada precisa quando acima de 70%, média entre 30 a 70% e baixa precisão quando inferior a 30% (RESENDE; DUARTE, 2007).

Importante salientar que em função da pequena disponibilidade de sementes, pois cada linha pura foi oriunda de uma única panícula, os dados fenotípicos foram obtidos de amostras realizadas dentro da parcela experimental. Ou seja, o erro experimental foi em função da variação ambiental dentro da linha, uma vez que não existe variação genética dentro de uma linha pura, e também do erro amostral na tomada dos dados.

Do exposto, pode-se inferir que essa primeira avaliação das linhas puras foi eficiente em mostrar que existe variação para todos os caracteres avaliados dentro da cultivar de aveia

preta IAPAR 61.

As médias e os desvios padrões das linhagens para os diferentes caracteres avaliados estão apresentados na Tabela 3. De início, é possível comprovar a existência de variação entre as linhas puras pela magnitude do desvio padrão em relação a média de cada caracter.

Tabela 3 - Média (μ) e desvio padrão (DP) das variáveis desempenho (D) (nota), ferrugem da folha (F)(%), complexo de manchas foliares (MF)(%), tolerância a geada (G)(nota), porcentagem de massa seca (MS%), altura de planta (A)(cm), comprimento da panícula (CP)(cm), número de grãos por panícula (NG), massa de mil grãos (MMG) (g) e massa da panícula (PP)(g). Ponta Grossa, 2023.

	Variáveis Fenotípicas										
	D	F	MF	G	MV	%MS	A	CP	NG	MMG	PP
μ	3,22	28,97	44,22	0,21	5,88	47,16	125,24	25,66	57,02	9,13	0,72
DP	1,31	25,32	30,85	0,69	3,05	16,52	4,72	4,55	17,05	3,76	0,38

Quanto menor o desvio padrão, mais homogênea é a amostra. Embora a média de determinada amostra seja útil, ela não transmite toda a informação acerca de uma amostra de dados, podendo a variabilidade ou dispersão dos dados ser descrita pela variância ou o desvio padrão da amostra (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Dentre os 209 genótipos avaliados, apenas cinco apresentaram danos pela geada, logo, foram descartados automaticamente do processo seletivo. Este fato demonstra a alta tolerância destas linhagens a baixas temperaturas, o que já era esperado visto que a aveia preta é uma espécie de inverno.

A massa verde apresentou média de produção de 5,88 kg por metro linear (Tabela 3). Segundo Moraes e Lustosa (1999), a *A. strigosa*, em comparação aos demais tipos de aveia, tem a vantagem de apresentar rápido crescimento inicial, conseqüentemente alto rendimento de massa verde.

Esta característica está fortemente ligada com o resultado da porcentagem de massa seca, já que de acordo com Sá (1995) a aveia preta apresenta maior capacidade de rendimento de massa verde e seca comparada com as demais espécies do gênero *Avena*. Mazocco (2019), avaliando cultivares de *Avena strigosa* Schreb, concluiu que a produção de material verde interfere diretamente na porcentagem de massa seca obtida. Visto que a cultivar de aveia preta IAPAR 61 se destacou das demais tanto na produção de massa verde quanto na porcentagem de massa seca, confirmando que este genótipo é de grande interesse para cobertura do solo.

A massa de mil grãos obteve média de 9,13 (g) (Tabela 3), sendo este fator de suma importância para o processo seletivo, já que é através dele que é possível estimar a produção de

sementes das linhagens avaliadas.

Esta característica reflete diretamente na taxa de semeadura que se irá adotar para a formação de determinada área, considerando ainda outros fatores relacionados ao preparo de solo, relevo, região de plantio, condições climáticas e outros (MOURA *et al.*, 1980).

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos foram obtidas para oito características: desempenho, ferrugem da folha, mancha foliar, porcentagem de massa seca, altura de planta, comprimento de panícula, número de grãos por panícula e massa de panícula (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genético (CV_G), coeficiente de variação ambiental (CV_e), quociente \hat{b} (CV_G/CV_e) e acurácia (r_{gg}) para as características avaliadas em 209 linhagens de aveia. Ponta Grossa, 2023.

Características	$\hat{\sigma}_F^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_G^2$	h^2	CV_G	\hat{b}
D (nota)	1,71	0,05	1,65	96,51	39,90	2,35
F (%)	641,58	21,35	620,22	96,67	85,93	2,40
MF (%)	933,27	47,67	885,60	94,89	67,29	1,92
MS (%)	263,10	39,78	223,32	84,87	31,68	1,36
A (cm)	23,17	3,67	19,50	84,15	3,52	1,33
NG (panícula ⁻¹)	290,91	14,12	276,79	95,14	29,17	1,97
CP (cm)	20,77	1,36	19,40	93,43	17,16	1,68
PP (g)	0,15	0,01	0,14	95,65	51,13	2,09

(D) desempenho, (F) ferrugem da folha, (MF) complexo de manchas foliares, (MS%) porcentagem de massa seca, (A) altura de planta, (NG) número de grãos por panícula, (CP) comprimento da panícula e (PP) massa da panícula.

As estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genético (CV_G), razão entre os coeficientes de variação genético e ambiental, quociente \hat{b} (CV_G/CV_e), indicam uma situação muito favorável à seleção artificial para todas as características analisadas nas 209 linhagens de aveia preta (Tabela 4). Essa constatação é muito benéfica, pois o princípio de todo programa de melhoramento genético de plantas é a existência de variabilidade (BERNARDO, 2010; RAMALHO *et al.*, 2012).

A magnitude da estimativa da variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$) também corrobora existência de diferenças genéticas entre as linhas puras de aveia preta, visto que a variância fenotípica entre médias das linhas puras ($\hat{\sigma}_F^2$) é obtida por meio da variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$) mais a variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), sendo que o componente genético foi de maior proporção para todas as oito características estudadas (Tabela 4).

Nesta condição é esperado que as estimativas da herdabilidade sejam de grande

amplitude, como realmente ocorreu, pois a menor estimativa de h^2 foi superior a 84%. Comprovando assim que a precisão experimental foi muito boa. Deve ser salientado que \hat{h}^2 corresponde ao quadrado da acurácia (RAMALHO *et al.*, 2012).

Por meio da relação entre as variâncias genéticas (σ_G^2) e fenotípicas (σ_F^2), pode-se estimar a herdabilidade (h^2), que é o parâmetro genético de maior importância e aplicação nos programas de melhoramento de plantas, sendo que estimativas de h^2 maior ou igual a 70 % são consideradas de elevada magnitude (ROCHA *et al.*, 2018).

A estimativa desse parâmetro é essencial na quantificação da magnitude da variabilidade e a extensão em que os caracteres desejáveis são herdados, a fim de efetuar o planejamento com vistas a promover o avanço de um programa eficiente de melhoramento genético (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; FALCONER, 1987).

Possivelmente, esses resultados devem-se em boa parte ao rigor experimental utilizado nas avaliações fenotípicas com a redução do erro ambiental, possibilitando incremento nos coeficientes de herdabilidade e alta acurácia. Adicionalmente, a maior proporção de variância genética entre o conjunto de 209 linhagens extraídas da cultivar de aveia preta IAPAR 61 evidenciam diferenças genéticas bastante acentuadas entre o conjunto de linhagens avaliadas neste experimento.

No trabalho realizado por Mittelman *et al.* (2001), ao avaliarem oito populações derivadas de cruzamentos de diferentes linhagens de aveia branca, também obtiveram altos valores de herdabilidade no sentido amplo para o carácter estatura de planta.

Igualmente, para a resistência às doenças também apresentaram altos valores para herdabilidade, sendo $h^2 = 96,67$ para a ferrugem da folha e $h^2 = 94,89$ para o complexo de manchas foliares (Tabela 4). Esta razão entre a variância genética disponível e a variância fenotípica total do conjunto das 209 linhagens, indica probabilidade de sucessora seleção para estas características neste conjunto de linhagens de aveia preta.

A suscetibilidade às doenças é um fator preocupante e limitante quando se visa o desenvolvimento da planta e a rentabilidade da cultura (DIAL, 2014). A cultivar IAPAR61 inicialmente foi registrada como resistente à ferrugem da folha e ao complexo de manchas foliares.

Atualmente, 30 anos após o seu lançamento, este genótipo apresenta suscetibilidade em condições de campo, fato confirmado no material biológico desta pesquisa. Sendo assim, a busca por novas fontes de resistência à ferrugem da folha e o complexo de manchas foliares é necessária, bem como o entendimento das bases genéticas da resistência dos genótipos

existentes é bastante importante para que esse caráter possa ser manipulado eficientemente pelo melhorista.

O uso de cultivares resistentes é o método de controle mais interessante, pois não implica no aumento dos custos, nem danos ao meio ambiente. Além disso, a resistência genética das cultivares tem proporcionado boa proteção à cultura, assegurando a expressão do potencial de rendimento dos genótipos (CRUZ *et al.*, 2001).

A estimativa do ganho com a seleção (GS) é obtida pelo produto do diferencial de seleção (ds) e a herdabilidade (h^2) (RAMALHO *et al.*, 2012). Assim quanto maior for a h^2 maior será o ganho esperado com a seleção. Desse modo, as estimativas de \hat{h}^2 possibilitam inferir que a seleção praticada entre as linhas puras devem proporcionar sucesso com a seleção para todos os caracteres (Tabela 4).

Considerando que a cultivar IAPAR 61 vem sendo cultivada há longo período de tempo, é esperado que ocorra variabilidade entre as linhas puras derivadas dela, fato este comprovado em outras espécies vegetais. Inúmeros exemplos são conhecidos em quase todas as plantas cultivadas no Brasil de que a utilização dessa variabilidade genética natural via seleção artificial foi muito útil.

Um exemplo de sucesso é o caso da cultivar de café Mundo Novo, que foi obtida com a realização de seleção efetuada pelos próprios agricultores. Essa cultivar contribuiu enormemente para o agronegócio do café no Brasil (VENCOVSKY; RAMALHO, 2006). No caso do feijoeiro, também há um exemplo marcante, provavelmente o maior sucesso no melhoramento dessa espécie no Brasil: a cultivar Carioca. Ela foi obtida a partir de uma planta selecionada por um agricultor no município de Palmital, em São Paulo. Sementes dessa planta foram enviadas pelo serviço de extensão para o Instituto Agrônomo de Campinas. Após participar de algumas avaliações de campo, a linhagem demonstrou grande potencial produtivo e foi recomendada inicialmente para o estado de São Paulo, no final da década de 1960 (CHIORATO; CARBONEL, 2014). Em poucos anos se tornou a cultivar mais semeada em todo o país.

Outros exemplos marcantes são encontrados na cultura do arroz, soja e muitas outras espécies. Além da cultivar Fulghum (aveia vermelha), já mencionada anteriormente.

As cultivares utilizadas por longo tempo por agricultores devem ser, em realidade, uma mistura de linhas puras. Desta forma, se for efetuada a seleção de linhas provenientes de uma única planta, é possível ter sucesso com a seleção, isto é, obter uma ou mais linhas puras que possam substituir com vantagem a cultivar antiga. Esse procedimento é utilizado no melhoramento há longo tempo. No Brasil, a seleção de linhas puras foi e é utilizada

amplamente, embora inúmeras vezes nem é divulgada.

A partir de uma população com provável variabilidade genética são selecionadas plantas, cujo descendentes irão constituir uma linha pura. Essas são avaliadas em experimentos por uma ou mais gerações visando a seleção de novas linhas puras que substituam com vantagem a cultivar anteriormente utilizada. Informações a respeito da condução de seleção de linhas puras podem ser encontrados em Santos *et al.* (2002) com a cultura do feijoeiro e em soja por Amaral *et al.* (2019).

Os resultados das estimativas dos parâmetros genéticos indicaram que para todas as características estudadas, a variância genética foi de maior magnitude em relação à variância ambiental (Tabela 4). Estes resultados demonstram que o ambiente pouco influenciou na estimativa destas variáveis e que o efeito genético prevaleceu, demonstrando que a variação fenotípica entre as linhagens de aveia, foram atribuídas principalmente ao componente genético.

A relevância está no fato de poder quantificar o quanto da variância fenotípica atribuída às causas genéticas é transmitida para a próxima geração (FALCONER; MACKAY, 1996).

O coeficiente de variação genética ($CV_G\%$) e a razão entre os coeficientes de variação genético e ambiental (quociente \hat{b}), complementam as informações sobre a quantificação da variabilidade genética presente numa população. Sendo que, o coeficiente de variação genética expressa a amplitude da variação em relação à média do caráter e permite inferir sobre a variabilidade dentro da população. Enquanto que, o quociente \hat{b} é um parâmetro que auxilia o melhorista na detecção da variabilidade genética em uma população, o qual é obtido pela relação entre os coeficientes de variação genética e ambiental (RESENDE, 2002).

A grandeza da variabilidade genética presente nessa população e em diferentes caracteres pode ser deduzida com o coeficiente de variação genético (CV_G) (RESENDE, 2002). Todas as características apresentaram coeficientes de variação genético (CV_G) (Tabela 4) superior ao ambiental (CV_e) (Tabela 2), com maiores possibilidades de ganhos genéticos, sendo assim, mais favoráveis ao melhoramento.

Nesse caso, maximiza-se o ganho genético na seleção dessas características, quando praticada no primeiro ano, diminuindo nos anos subsequentes (VENCOVSKY, 1987; ALVES, 2006; ROCHA, 2018).

Considerando o exposto, as estimativas do quociente \hat{b} demonstraram valores acima de 1 para todas as variáveis analisadas, com amplitude de 1,33 (altura de planta) a 2,40 (ferrugem da folha) (Tabela 4). Segundo Vencovsky (1987), quando o quociente \hat{b} estimado é igual ou maior que 1, a condição é altamente favorável no que diz respeito à seleção artificial.

Os valores estimados neste estudo são superiores aos encontrados por Coimbra *etal.* (2005), que estudaram os parâmetros genéticos na cultura da aveia branca e aos encontrados por Meira *et al.* (2019), para a cultura da aveia preta. Desta forma, os parâmetros genéticos estimados evidenciam por meio do coeficiente de variação genético, que a variabilidade genética existente neste conjunto de linhagens extraídas da cultivar de aveia preta IAPAR 61 é na maior proporção de origem genética, visto que o efeito ambiental foi de menor proporção para todas as características estudadas.

Por meio dos resultados obtidos e tendo como base o alto valor de herdabilidade para todas as características avaliadas, foi possível selecionar 100 linhagens de aveia preta a partir do germoplasma inicial. Estas linhas puras participarão de um processo de seleção mais intensivo na próxima safra.

Espera-se que a influência dos fatores ambientais previsíveis como também dos imprevisíveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964), confirmem as estimativas dos parâmetros genéticos dessa etapa de seleção, considerando que as linhagens avaliadas no presente estudo demonstraram um grande potencial para o desenvolvimento de novas cultivares de aveia preta. A expectativa é que essas linhas puras selecionadas apresentem características como boa produtividade de sementes, tolerância às principais doenças e alto potencial forrageiro e de cobertura do solo, destacando-se das cultivares já existentes no mercado.

7 CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética na cultivar de aveia preta IAPAR 61, possibilitando a seleção de linhas puras que associem boa produção de sementes e alto potencial forrageiro e de cobertura do solo.

Os parâmetros genéticos foram estimados e nortearam a segunda etapa de seleção de linhas puras.

Foram selecionadas 100 linhagens de aveia preta, a partir dos 209 genótipos obtidos da cultivar IAPAR 61.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding 1. **Crop Science**, v. 4, p. 503-508, 1964.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher. p. 381, 1971.
- ALVES, J. C. D. S. *et al.* S. Herdabilidade e correlações genotípicas entre caracteres de folhagem e sistema radicular em famílias de cenoura, cultivar Brasília. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 363-367, 2006.
- ALVES, G. C. S. *et al.* Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo. **Multi-Science Journal**, v. 1, p. 128-133, 2015.
- AMARAL, L. O. **Seleção de Linhas Puras na cultivar de soja BRS Favorita RR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 47p., 2017.
- AMARAL, L. O. *et al.* Pure line selection in a heterogeneous soybean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, p. 277-284, 2019.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C. *et al.* Repetibilidade e herdabilidade de caracteres de produção nos frutos do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 89-93, 2020.
- ASSIS ALIANÇA J. C. *et al.* Melhoramento genético de aveia forrageira e de coberturado solo no IDR-Paraná: Anais da XLI Comissão Brasileira de Pesquisa em Aveia. **Editora IDR-Paraná**. Londrina – PR, 2022.
- BERNARDO, R. Breeding for quantitative traits in plants. **Woodbury: Stemma Press**, 400p., 2010.
- BERNARDO, R. **Essentials of plant breeding**. Woodbury: Stemma press, 252p., 2014.
- BOCZKOWSKA, M. *et al.* Broadening the Genetic Base of Grain Cereals. **Springer: Índia**, p. 159- 225, 2016.
- BORÉM, A. Melhoramento de plantas. 2 ed. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa. 453p., 1998.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa, 5º edição. 529p., 2009.
- BORÉM, A. M; MIRANDA, G. V. Melhoramento de Plantas. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa, 6ª edição. 523p., 2013.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura de solo no crescimento inicial do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, p. 83-88, 2000.

BUENO, L. C. S. *et al.* Melhoramento Genético de Plantas: Princípios e procedimentos. Editora UFLA. Universidade Federal de Lavras, 2ª edição. 319p., 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 399p., 2020.

MAPA. **Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997**. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1997. Disponível: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MAPA. **Lei nº 10.711, de 05 de Agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MAPA. **Registro Nacional de Cultivares – RNC**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MAPA. **SIGEF-Controle da Produção de Sementes e Mudanças - Indicadores**. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/sigefsementes/index.htm>>. Acesso em: 20 de ago. de 2022.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. **Bragantia**, v. 71, p. 47-51, 2012.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Relações lineares entre caracteres de aveia preta. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 985-992, 2015.

CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: IV - Café Mundo Novo. **Bragantia**, v.4, p.97-130, 1952.

CHAWADE, A. *et al.* Development of a model system to identify differences in spring and winter oat. **PLoS ONE**, v. 7, p. 1-13, 2012.

CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M. O Melhoramento Genético do Feijoeiro no Instituto Agrônomo IAC (1932 a 2014). **O Agrônomo: Campinas**, p. 64-66, 2014.

CECATO, U. *et al.* Produção e composição química em cultivares e linhagens de aveia (*Avena spp*). **Acta Scientiarum**, v.23, p. 775-780, 2001.

COBLENTZ, W. K.; WALGENBACH, R. P. Fall growth, nutritive value, and estimation of total digestible nutrients for cereal-grain forages in the north-central United States. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 383–399, 2010.

COIMBRA, J. L. M. *et al.* Prediction of genetic value in F3 populations of *Avena sativa* L. using Reml/Blup. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 265-271, 2005.

CBPA. Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Indicações Técnicas para a Cultura de Aveia. Guarapuava, **Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária**. p. 82, 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. **12º Levantamento**. Brasília. v. 8. p. 1-97, 2021.

CORREA A. M. *et al.* Estimates of genetic parameters in common bean genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Londrina. v. 3, n. 3, p.223-230, 2003.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. FELDENS, L. **Homem a Agricultura a História**. Univantes. 2018.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa, 477p., 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa, 4ª edição. v. 1.514p., 2012.

DE MORI, C.; FONTANELI R. S.; SANTOS, H. P. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo, 2012. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136.pdf. Acesso em: 02 jan. 2023.

DERPSCH, R. *et al.* Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering** v. 3, p. 1–25, 2010.

DIAL H.L. Plant guide for black oat (*Avena strigosa* Schreb.) USDA-Natural Resources Conservation Service. **Tucson Plant Materials Center**, p.4, 2014.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. Introduction to quantitative genetics. **Edinburgh: Longman Group Limited**, 4ª edição, 464p., 1996.

FALCONER, D.S. Introdução à genética quantitativa. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa, 279p., 1987.

FEDERIZZI, L. C.; MUNDSTOCK, C. M. Fodder oats: an overview for South America. In SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. **Fodder oats: a world overview**. Roma: FAO, 2004.

FEDERIZZI, L.C. *et al.* Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa, p. 141-169, 2005.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de Plantas: Princípios, Bases Genéticas e Procedimentos**. Editora Edufal. Universidade Federal de Alagoas. p.86, 2004.

FISHER, R. A. The correlation between relatives on the supposition of mendelian inheritance. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 52, p. 399-433, 1918.

FLOSS, E.L. Aveia. In: BAIER, *et al.* **As lavouras de inverno -1: Aveia, tritcale, centeio, alpiste e colza**. São Paulo - SP. 2ª edição, p. 17-74, 1988.

FRANÇA, L. F. **Avaliação Agronômica e Econômica de Sistemas de Semeadura de Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Centro de Ciências Rurais) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curitiba. 44p., 2018.

FUNDAÇÃO ABC. **Relatório Anual - 2018**. Castro, Paraná. 2018.

GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **Circular Técnica: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. Piracicaba – SP. p.11, 1989.

GFELLERA, A.; HERRERAB, J. M.; TSCHUYA, F.; WIRTH, J. Explanations for *Amaranthus retroflexus* growth suppression by cover crops. **Crop Protection**, v. 104. p.11-20, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Trimestral do Leite. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 05 jan. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Trimestral do Leite. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 02 jan. 2023.

IDR-PARANÁ, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. Informativo técnico da cultura da aveia. 2021. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Normais Climatológicas Paraná**. 2019. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 13 dez. 2022.

JANK, L. *et al.* Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, p. 27-34, 2011.

KASSAM, A. *et al.* Overview of the Worldwide Spread of Conservation Agriculture. **Field Actions Science Reports**, v. 8, p. 1-11, 2015.

KEHL, K. *et al.* **Dormência de sementes em germoplasma de aveia preta**. 2021. Dissertação de mestrado (Centro de Ciências Rurais). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS. 96p., 2021.

KIM, K. *et al.* Improvement of oat as a winter forage crop in the southern United States. **Crop Science**, v. 54, p. 1336-1346, 2014.

KLEIN, L. A. *et al.* Dissimilaridade genética entre genótipos de aveia preta. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 6, p. 114-125, 2019.

KLEIN, L. A. *et al.* **Modelos multivariados na caracterização e seleção de genótipos superiores de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen, RS, 91p., 2022.

KONKOL, A. C. B. *et al.* **Seleção de linhas puras em linhaça dourada (*Linum usitatissimum* L.)**. 2021. Monografia (Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 41p., 2021.

LEHMEN, R. I. *et al.* Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Revista Ciência Rural**, v. 44, p. 1180-1185, 2014.

LEMOS, C. F. C.; SCHEFFER, S. M. B.; DEUNER, C. C.; BERGHAIN, S. C. T. Analysis of genotypic variability in *Avena* spp. Regarding allelopathic potentiality. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1-11, 2019.

LIZOT, Mauro *et al.* Análise econômica da produção de aveia preta para pastejo e ensilagem utilizando a metodologia multi-índice ampliada. **Custos e Agronegócio Online**. Recife, v. 13, p. 141-155, 2017.

LORO, M. V. *et al.* Estimativas Dos Parâmetros Genéticos e Seleção de Genótipos da Aveia Branca Através da Metodologia Reim/Blup. **Salão do Conhecimento UNIJUI**, v.7, 2021.

LOVATTO, M. *et al.* Ferrugem da folha sobre genótipos de aveia com diferentes níveis de resistência: danos e perdas. **Revista Ciência Rural**, v. 51, p. 4-9, 2021.

LOVE, H. H. **Report and rice investigation United States operation mission to Thailand**. 148p., 1952.

MACHADO, L. A. Z. Avaliação de cultivares de aveia preta para produção de forragem cobertura do solo. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. **Resultados experimentais: UFPEL**. Pelotas, RS. p. 200-202, 2000.

MARTINS, M. C. **Substituição da silagem de milho por grão de aveia na terminação de novilhos Purunã em confinamento**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa – PR, 52p., 2019.

MAZOCCO, L. A. **Avaliação de genótipos de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) para produção de forragem no bioma cerrado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade de Brasília. Brasília - DF, 33p., 2019.

MEIRA, D. *et al.* Estimates of genetic parameters between and within black oat populations. **Bragantia**, v. 78, p. 43-51, 2019.

MENDES, U. C. **Potencial de produtividade e variabilidade de populações semiexóticas de milho como base para seleção**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” - Campus de Ilha Solteira, 87p., 2018.

MITTELMANN, A. *et al.* Herdabilidade para os caracteres ciclo vegetativo e estatura deplanta em aveia. **Revista Ciência Rural**, v. 31, p. 999-1002, 2001.

MONTARDO, D. P., CUNHA, R. P., PERES, E. R. Produção de forragem de diferentes linhagens de aveia branca na região da campanha do Rio Grande do Sul. **Revista Congresso Urcamp (CD-Rom)**. Alegrete - RS, v. 8, p. 1-6, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. **Editora LTC**. Rio de Janeiro – RJ. 2ª Edição, 463p., 2003.

MORAES, A. de; LUSTOSA, S.B.C. Forrageiras de inverno como alternativas na alimentação animal em períodos críticos. In: **Simpósio sobre nutrição de bovinos, 7. Anais - FEALQ**, Piracicaba - SP. p.147-166, 1999.

MOREIRA DA SILVA, T. C. *et al.* Seleção de Linhas Puras dentro da Cultivar de aveia preta IAPAR 61: Anais da XLI Comissão Brasileira de Pesquisa em Aveia. Editora IDR-Paraná. Londrina - PR, 2022.

MOURA, M. F. C. de *et al.* **Estudos de correlação entre teor de proteína e algumas características agrônômicas em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 100p., 1980.

NITSCHKE, P. R. *et al.* Classificação Climática. Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR. Londrina, 2017. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 22 set. 2022.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15. **Editora Piracicaba: FEALQ**, p.451. 2009.

PIMENTEL, A. J. B. *et al.* Estimativa de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 882-890, 2014.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Editora UFLA, Universidade Federal de Lavras Lavras. 303p., 2005.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Editora UFLA, Universidade Federal de Lavras Lavras, 1 edição, 522p., 2012.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* Genética na Agropecuária. 2. **Editora UFLA**, Universidade Federal de Lavras, p.472, 2000.

RANGEL, M. A. S. *et al.* Manejo da aveia-preta em sistema de produção Agropecuário integrado. Dourados: **13 Embrapa Agropecuária Oeste (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento)**, p. 9, 2002.

REEVES, D. W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Ed.). **Crop Residues Management**. Boca Raton: **Lewis Publishers**, p. 125-172, 1994.

RESENDE, M. D. V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. **Colombo: Embrapa Floresta; Brasília: Informação Tecnológica**, 975p., 2002.

RESENDE, M. D. V. *et al.* Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. **Colombo: Embrapa Florestas**, 57p., 2004.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

ROCHA, M. R. **Parâmetros genéticos, métodos de condução de população segregante e estratégias de seleção de genótipos de soja**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 138p., 2018.

ROSINHA, R. C. Aveia preta e o agronegócio. **Revista Seed News**, v. 24, p. 36-39, 2020.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 91p., 2001.

SÁ, J. P. G. Utilização da aveia na alimentação animal. **Circular Técnica N° 87**. Instituto Agrônomo do Paraná. Londrina – PR. p. 20, 1995.

SANTOS, P. S. J. *et al.* Seleção de linhas puras no feijão ‘Carioca’. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1492-1498, 2002.

SANTOS, H. P. *et al.* Gramíneas anuais de inverno. In: FONTANELI, R. S.; Forrageiras para Integração lavoura pecuária-floresta na Região Sul-Brasileira. Brasília: **Embrapa**, p. 41-78, 2009.

SANTOS, J. M. *et al.* Reação de *Avena* spp. à brusone na busca de novas fontes de resistência genética. **Embrapa Trigo-Periódicos 2018**, 2018.

SILVEIRA, G. **Caracterização da variabilidade gerada por hibridações artificiais e mutações em caracteres de importância Agronômica em aveia-preta**. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 63p., 2009.

SILVEIRA, G. *et al.* Variabilidade genética para características agronômicas superiores em cruzamentos biparentais de aveia-preta. **Bragantia**, v. 69, p. 823-832, 2010.

SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. Background to fodder oats worldwide In: SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. **Plant Production and Protection Series**. Roma: FAO, 2004.

TAVARES, M. J. C. M. S. *et al.* Origem e Evolução do Genero Avena: Suas Implicações no Melhoramento Genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 499-507, 1993.

TOKATLIDIS, I. S. Conservation breeding of elite cultivars. **Crop Science**, p. 2417- 2434, 2015.

VALLE, C. B. *et al.* Melhoramento de gramíneas forrageiras tropicais: avanços e perspectivas: Anais do VI simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. **Editora UFV**. Universidade Federal de Viçosa. p. 347-375, 2012.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos. p. 17-37, 1969.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p. 137-214, 1987.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto – SP, p. 486, 1992.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuições do melhoramento genético no Brasil. **Ciência, Agricultura e Sociedade**, p. 41-74, 2006.

WÜRSCHUM, T. *et al.* A modern Green Revolution gene for reduced height in wheat. **The Plant Journal**, v. 92, p. 892-903, 2017.

ZANOTTO, M. D. Botucatu: nova cultivar de amendoim (*Arachys hypogaea* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 1101-1102, 1993.