

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Identificação e associação de estratégias indiretas para mensurar a
resistência ao acamamento em aveia-branca**

Diógenes Cecchin Silveira

Passo Fundo

2020

Diógenes Cecchin Silveira

Identificação e associação de estratégias indiretas para mensurar a resistência ao acamamento em aveia-branca

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador:

Profa. Dra. Nadia Canali Lângaro

Coorientador:

Profa. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso

Passo Fundo

2020

CIP – Catalogação na Publicação

S587i Silveira, Diógenes Cecchin

Identificação e associação de estratégias indiretas para mensurar a resistência ao acamamento em aveia-branca / Diógenes Cecchin Silveira. – 2020.

106 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Nadia Canali Lângaro.

Coorientadora: Profa. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2020.

1. Aveia. 2. Morfologia das plantas. 3. Cereais - Qualidade. 4. Plantas - Robustez de colmo. I. Lângaro, Nadia Canali, orientadora. II. Basso, Simone Meredith Scheffer, coorientadora. III. Título.

CDU: 633.13

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



PPGAgro
Programa de Pós-Graduação
em Agronomia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Identificação e associação de estratégias indiretas para mensurar a resistência ao acamamento em aveia-branca”

Elaborada por

Diógenes Cecchin Silveira

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovada em: 28/02/2020
Pela Comissão Examinadora


Dra. Nadia Canali Lângaro
Presidente da Comissão Examinadora
Orientadora


Dr. Igor Pirez Valério
OR Sementes


Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Pesquisadora independente


Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia


Dr. Ricardo Lima de Castro
Embrapa Trigo


Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor FAMV

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus genitores, Jorge Valdomiro Silveira e Maria Eloá Cecchin, e minha filha Maria Antônia Desordi do Nascimento Silveira pelo apoio em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais Jorge Valdomiro Silveira (in memoriam) e Maria Eloá Cecchin, por todos os ensinamentos, incentivos e auxílios. Vocês foram, e sempre serão a maior fonte de inspiração nessa caminhada terrena.

À minha filha Maria Antônia Desordi do Nascimento Silveira, que com muito amor, serviu de motivação para que eu pudesse concluir essa etapa.

À Dra. Juliana Medianeira Machado, pelos auxílios incontáveis, paciência e compreensão nessa etapa.

Às professoras Dra. Nádia Canali Lângaro e Dra. Simone Meredith Scheffer Basso, pela orientação compartilhada, que com seus conhecimentos, inteligência, generosidade, dedicação e disponibilidade contribuíram em larga escala para que essa etapa do treinamento técnico/científico fosse concluída.

Ao grande melhorista de soja, MSc. Luiz Pedro Bonetti, pelos incontáveis incentivos, ensinamentos e troca de experiências em termos agronômicos e de vida, desde a graduação em Agronomia na Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ).

Ao professor PhD Renato Serena Fontaneli, pelos ensinamentos compartilhados, oportunidades recebidas e amizade durante esse período.

À Universidade de Passo Fundo (UPF), à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) pela oportunidade ímpar de cursar a pós-graduação, infraestrutura oferecida e formação científica.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), pelas diversas contribuições técnicas e pessoais ao decorrer do treinamento científico.

Aos estagiários e amigos do Laboratório de Sementes/FAMV, do Laboratório de Multidisciplinar Vegetal/ICB e Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Horticultura, por terem contribuído de alguma forma na minha formação.

À equipe do Programa de Melhoramento em Aveia/UPF, pelo auxílio recebido.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelo auxílio sempre presente, além da amizade.

Ao “Sport Club Internacional” time do meu coração, por todos os momentos felizes proporcionados, durante este período.

Ao Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições Comunitárias de Ensino Particulares (PROSUC) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que essa etapa do treinamento científico fosse concretizada.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”. (Claude Lévi-Strauss)

RESUMO

SILVEIRA, Diógenes Cecchin. Identificação e associação de estratégias indiretas para mensurar a resistência ao acamamento em aveia-branca. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

Na agricultura há muito tempo são conhecidos os efeitos do acamamento de plantas, impactando diretamente no rendimento e qualidade dos grãos, além de dificultar a colheita. Resultados de pesquisas apontam que as perdas pelo acamamento podem chegar até a 80%. A seleção para a resistência ao acamamento em programas de melhoramento de cereais é difícil, devido ao desafio de rastrear características relacionadas em condições de campo. A identificação de caracteres facilmente mensuráveis relacionados à resistência ao acamamento simplificaria o processo de seleção de novas cultivares. Este trabalho teve como objetivo identificar e associar estratégias indiretas como forma de mensurar a resistência ao acamamento em cultivares modernas de aveia-branca, de distinta reação quanto ao acamamento. Este estudo busca esclarecer por que cultivares de aveia-branca de mesma classe de estatura apresenta distinta expressão quanto ao acamamento. A hipótese testada é que cultivares que possuem uma combinação de caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de colmo que conferem robustez ao colmo apresentam maior resistência ao acamamento. O experimento foi conduzido em 2018, com oito cultivares de aveia-branca de reações contrastantes ao acamamento, dispostas em delineamento de blocos completos ao acaso, com três repetições. Foram avaliados os caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais, e adicionalmente foram testados índices de avaliação de resistência de colmo ao acamamento. Os dados foram submetidos à análise de variância, correlação e de agrupamento. A partir dos resultados obtidos, ficou evidente que há variabilidade quanto aos caracteres estudados relacionados ao acamamento de plantas em cultivares de aveia-branca. O comprimento de planta não apresentou associação significativa com o acamamento, permitindo supor que, para esse caractere, devido ao trabalho do melhoramento genético ao longo dos anos, já tenha sido alcançado um platô. No entanto, dos caracteres morfológicos de colmo, o comprimento de pedúnculo e do quarto entrenó não apresentaram a redução proporcional ao ocorrido com o comprimento de planta. Esses caracteres apresentam maior participação no comprimento total de planta, juntamente com o diâmetro interno e externo dos três primeiros entrenós basais que são indicados para seleção indireta visando à resistência ao acamamento. Em relação aos caracteres anatômicos, os feixes vasculares internos foram associados com a resistência ao acamamento, permitindo identificá-lo como possível caractere de seleção de plantas. Para os carboidratos estruturais de colmo, não houve associação significativa com a resistência ao acamamento, permitindo aferir que esses caracteres não devem ser considerados na seleção indireta visando à resistência ao acamamento. Além disso, os resultados possibilitaram identificar que o uso de índices mais objetivos, para mensuração da resistência ao acamamento na cultura da aveia-branca, devem ser inclusos como práticas rotineiras em programas de melhoramento genético, quando o objetivo da seleção for a resistência ao acamamento. O coeficiente de resistência do colmo ao acamamento deve ser adotado no processo de seleção, bem como o teste de tensão do colmo. Já, o índice do colmo não apresenta associação com os

demais métodos utilizados, sendo assim, para cultura da aveia-branca esse índice deve ser revisto e sugeridas alterações.

Palavras-chave: 1. *Avena sativa* L. 2. Morfologia. 3. Anatomia. 4. Seleção de caracteres. 5. Robustez de colmo.

ABSTRACT

SILVEIRA, Diógenes Cecchin. Identification and association of indirect strategies to measure lodging resistance in white oats. 103 f. Thesis (Master in Agronomy) – University of Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

In agriculture, the effects of plant lodging have been known for a long time, directly impacting grain yield and quality, in addition to making harvesting difficult. Research results show that lodging losses can reach up to 80%. Selection for lodging resistance in cereal breeding programs is difficult, due to the challenge of tracking related characteristics in field conditions. The identification of easily measurable characters related to lodging resistance would simplify the process of selecting new cultivars. The objective of this work was to identify and associate indirect strategies as a way of measuring resistance to lodging in modern cultivars of white oats, with different reactions regarding lodging. This study seeks to clarify why white oat cultivars of the same height class have a different expression regarding lodging. The tested hypothesis is that cultivars that have a combination of morphological, anatomical characters and structural culm carbohydrates that give culm sturdiness are more resistant to lodging. The experiment was conducted in 2018, with eight cultivars of white oats with contrasting reactions to lodging, arranged in a complete randomized block design, with three replications. Morphological, anatomical and structural carbohydrate characters were evaluated, and additionally, indices for evaluating culm resistance to lodging were tested. The data were submitted to analysis of variance, correlation and grouping. From the results obtained, it was evident that there is variability in the studied characters related to the lodging of plants in cultivars of white oats. The plant length did not show a significant association with lodging, allowing us to suppose that, for this character, due to the work of genetic improvement over the years, the plateau has already been reached. However, of the morphological characters of the stem, the length of the peduncle and the fourth internode did not show a reduction proportional to what occurred with the plant length. These characters have a greater participation in the total length of the plant, together with the internal and external diameter of the first three basal internodes that are indicated for indirect selection aiming at lodging resistance. Regarding anatomical characters, the internal vascular bundles were associated with resistance to lodging, allowing to identify it as a possible plant selection character. For structural carbohydrates in the culm, there was no significant association with resistance to lodging, allowing to assess that these characters should not be considered in the indirect selection aiming at resistance to lodging. In addition, the results made it possible to identify that the use of more objective indices to measure lodging resistance in white oat culture should be included as routine practices in breeding programs, when the objective of the selection is lodging resistance. The coefficient of culm resistance to lodging must be adopted in the selection process, as well as the culm tension test. The culm index was not associated with the other methods used, therefore, for white oat culture this index should be reviewed and suggested changes.

Key words: 1. *Avena sativa* L. 2. Morphology. 3. Anatomy. 4. Character selection. 5. Culm robustness.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	Aveia-branca	16
2.1.1	Acamamento em cereais	20
2.1.2	Caracteres morfológicos de colmo	24
2.1.3	Caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de colmo	27
2.1.4	Índices de avaliação da resistência ao acamamento	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Material vegetal e local do experimento	33
3.1.1	Delineamento experimental	35
3.1.2	Procedimentos	36
3.1.3	Caracteres morfológicos de colmo e panícula	36
3.1.4	Caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de pedúnculo	40
3.1.5	Análise estatística	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Caracteres morfológicos de colmo e panícula	43
4.1.1	Caracteres anatômicos e químicos de colmo	59
5	CONCLUSÃO	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	77
	ANEXOS	95
	Anexo Escala decimal de desenvolvimento dos cereais segundo Zadoks et al. (1974)	96
	APÊNDICES	100
	Apêndice I Delineamento experimental	101

1 INTRODUÇÃO

A cultura da aveia (*Avena* spp.) ocupa posição de destaque no cenário mundial, sendo o sexto cereal mais produzido. Nesse cenário, o Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de produtores desse cereal.

Dentre as espécies do gênero *Avena*, a aveia-branca (*Avena sativa* L.) é uma gramínea anual de inverno utilizada para alimentação humana e animal, e se caracteriza por ser uma excelente alternativa para o sistema de rotação de culturas. Além dessas características, ao longo dos anos a cultura vem se destacando em produtos que possuam seus grãos na composição, uma vez que possui propriedades nutricionais e funcionais, sendo reconhecido mundialmente no ano de 1997 como alimento funcional. No entanto, alguns fatores podem limitar a produção e a qualidade dos grãos. Dentre esses, está o acamamento que, pode ocasionar perdas na produtividade, deterioração de grãos e redução da qualidade física e fisiológica da semente.

O acamamento é o deslocamento do colmo de sua posição vertical, sendo expresso em uma população de plantas e não apenas de uma planta. Esse fenômeno é classificado em três tipos: 1) acamamento basal ou acamamento de raiz, “root lodging”, que ocorre na parte basal da planta, principalmente na coroa ou no primeiro entrenó; 2) acamamento de colmo, de ocorrência uniforme em todo o comprimento do colmo; 3) acamamento de tipo “chicote”, “buggy whip type”, ocasionado no pedúnculo da planta, com a ruptura do mesmo.

Quando os colmos apenas inclinam, não se dobram ou quebram, não há prejuízo aos grãos, possibilitando, assim, o processo de amadurecimento regular. Entretanto, se houver a quebra do colmo, pode haver redução de até 37% no rendimento e qualidade de grãos, além de dificultar a colheita mecanizada. Vale ressaltar que a gravidade do

acamamento e a extensão de perdas causadas por ele dependem de ambiente e de estágio de crescimento no qual ocorre.

Em termos gerais, a interação entre genótipo e ambiente de cultivo promovem ou não a presença de acamamento. Sua ocorrência é mais propícia em solos com alta fertilidade ou de adubação nitrogenada, irrigação e densidades altas de plantas na busca de incremento da produtividade. Além desses fatores, o acamamento é induzido por forças externas, como vento, chuva, doenças e insetos, principalmente quando ocorrem no final do ciclo de cultivo.

Dada a importância do acamamento, a resistência a esse fenômeno é um importante atributo agrônomo, que recebe atenção considerável em programas de melhoramento, principalmente em cereais de inverno. A fim de obter eficiência maior na seleção de futuras cultivares com maior resistência ao acamamento, há que se compreender as características morfológicas, anatômicas e carboidratos estruturais de colmo que possa estar associados à resistência ao acamamento. Nesse contexto, caracteres morfológicos, como comprimento e diâmetro de entrenó do colmo e comprimento de planta estão associados à resistência ou à suscetibilidade de cereais ao acamamento. Em relação a caracteres anatômicos, não há consenso sobre que tipo de atributo está associado à resistência ao acamamento. Já, para os carboidratos estruturais de colmo, o teor de lignina é associado à suscetibilidade ao acamamento. De modo geral, plantas de maior comprimento apresentam maior suscetibilidade ao acamamento em relação as plantas de menor comprimento. Entretanto, a redução desse caractere não determina necessariamente à resistência ao acamamento, mas pode caracterizar maior resistência.

Os esforços na busca de métodos e caracteres de plantas que sejam associados à resistência ao acamamento, ainda persistentem, pois há divergências quanto ao valor de marcadores morfológicos para seleção. A utilização de diferentes genótipos e/ou cultivares, ambientes e metodologias de avaliação são, provavelmente, os motivos da maior parte dessas controvérsias encontradas na literatura. A resistência ao acamamento é um caractere mensurado pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia nos ensaios

da rede; a realização a avaliação da resistência ao acamamento é feita de forma visual, quantificando-se o percentual de área acamada na parcela, não sendo considerada a indicação do tipo de acamamento. Maiores detalhamentos sobre atributos associados à resistência ao acamamento e suas interrelações são valiosos para a elaboração de um ideótipo de planta para resistência ao acamamento a ser empregado em programas de melhoramento genético.

Assim, este trabalho teve como objetivo identificar e associar estratégias indiretas como forma de mensurar a resistência ao acamamento em cultivares modernas de aveia-branca, de distinta reação quanto ao acamamento. Este estudo busca esclarecer por que cultivares de aveia-branca de mesma classe de estatura apresentam expressões distintas quanto ao acamamento. A hipótese testada é que cultivares que possuem uma combinação de caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de colmo que conferem robustez ao colmo apresentam maior resistência ao acamamento.

Especificamente, verificou-se a resistência do colmo ao acamamento em oito cultivares de aveia-branca de distintas reações quanto ao acamamento, a fim de avaliar os caracteres morfológicos, anatômicos e os carboidratos estruturais de colmo associados com a resistência ao acamamento; além de propor índices alternativos para mensuração da resistência ao acamamento na cultura da aveia-branca.

Este documento está organizado, além da Introdução, da seguinte maneira: na Revisão de Literatura abordam-se aspectos gerais da cultura da aveia-branca, acamamento em cereais, caracteres associados à resistência ao acamamento e principais metodologias utilizadas para seleção de cultivares superiores quando se objetiva a resistência ao acamamento. Em seguida apresenta-se Material e Métodos, Resultados e Discussão e, por fim, a Conclusão e Considerações Finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O acamamento está entre os fatores que limitam o rendimento e a qualidade de grãos e/ou sementes em aveia-branca, interferindo em processos fisiológicos da cultura e dificultando a colheita mecanizada.

O melhoramento genético para resistência ao acamamento avançou com a obtenção de cultivares mais resistentes, principalmente pela seleção indireta sobre o caractere estatura de planta. Porém, ainda não existem cultivares totalmente resistentes ao acamamento, principalmente quando densidades de semeadura, a adubação nitrogenada e condições meteorológicas asseguram ambiente favorável para a ocorrência do tombamento de plantas.

A identificação de caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de colmo visando subsidiar melhoristas no processo de seleção de plantas torna-se fundamental como estratégia de melhoramento genético para essa cultura.

Nessa revisão de literatura, iniciada pela importância da aveia-branca, são apresentadas informações provenientes de pesquisas científicas a respeito da origem e produção de aveia-branca, do problema do acamamento em cereais, dos caracteres morfológicos, dos caracteres anatômicos e carboidratos estruturais associados à resistência ao acamamento, além de índices para avaliação da resistência ao acamamento.

2.1 Aveia-branca

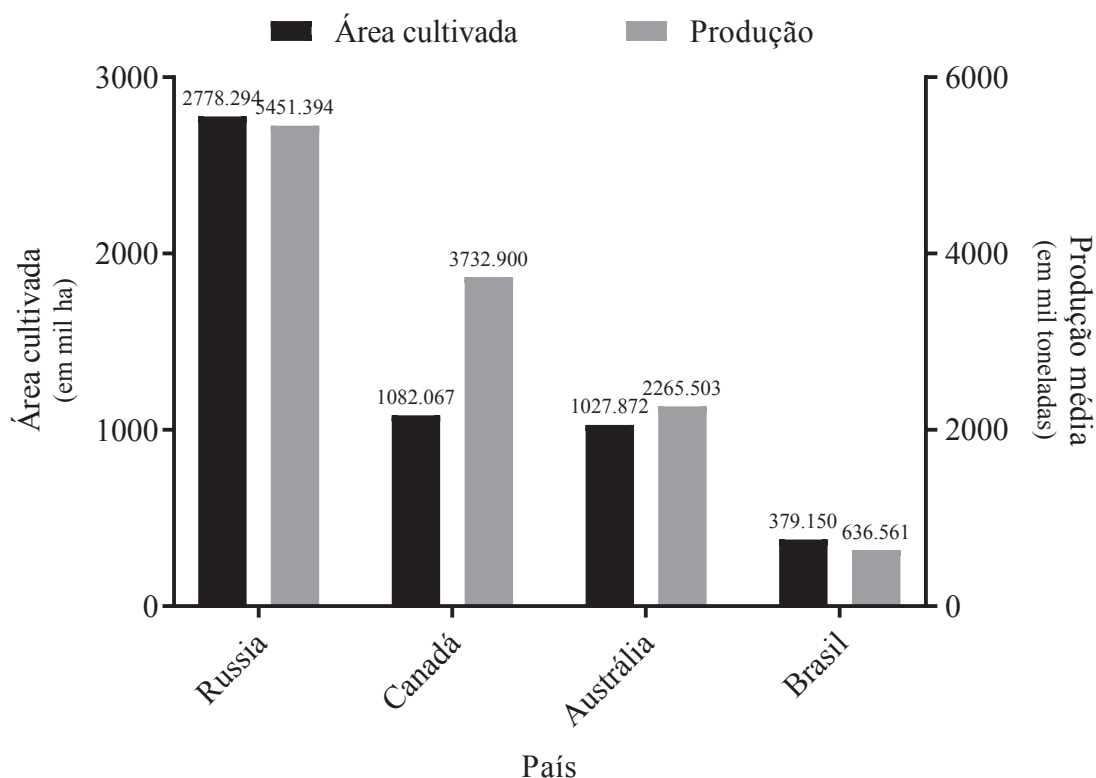
A aveia-branca é uma gramínea anual de clima temperado. Embora existam controvérsias sobre a sua origem, sugere-se que o centro de origem das espécies silvestres haploides *Avena sterilis* L. e *Avena fatua* L., progenitoras de aveias cultivadas, seja a Ásia Menor (COFFMAN, 1977). Primeiramente, a aveia-branca foi identificada como planta invasora, nas culturas da cevada (*Hordeum vulgare* L.) e do trigo (*Triticum aestivum* L.). Logo após teve sua expansão para a Europa, onde encontrou condições climáticas e de solo favoráveis à sua produção, tornando-se uma importante fonte de alimentação, assim como *Avena byzantina* e *Avena sterilis* no Mediterrâneo e Oriente Médio, respectivamente (MUNDSTOCK, 1983; RODRIGUES et al., 2011).

Uma das primeiras referências sobre consumo de aveia-branca pela humanidade é o de tribos germânicas no século I; porém, a espécie encontrou sua maior aceitação na Irlanda e Escócia, sendo usada em mingaus (GUTKOSKI; PEDÓ, 2000). A maior parte da área cultivada de aveia está localizada em países do hemisfério Norte, ficando apenas 3% da produção mundial no hemisfério Sul. Cultivada globalmente, ela é um dos cereais mais importantes para consumo humano e alimentação animal, ocupando o sexto lugar em produção mundial (CONSTANDINOU et al., 2018).

Na alimentação humana, os diferentes constituintes químicos do grão da aveia e suas interações permitem a utilização diferenciada desse cereal pela indústria. Possui propriedades especiais que permitem a formação de estruturas de pequena granulometria até a formação de flocos. A fabricação de alimentos ocorre na forma de flocos e farinhas, cereais matinais (quentes ou frios), barras de cereais, produtos forneados ou assados (pães, biscoitos, bolos). Além disso, destaca-se como um componente aditivo para engrossar sopas, molhos e para aumentar o volume de produtos cárneos (FEDERIZZI et al., 2014; JENZER et al., 2016).

No mundo mais de 75% da aveia cultivada é aveia branca (GATTO, 2005). O Brasil ocupa atualmente a quarta posição no *ranking* mundial (FAOSTAT, 2017) (Figura 1).

Figura 1 - Área cultivada e produção dos principais países produtores de aveia branca. Passo Fundo, 2020



Fonte: adaptado da FAOSTAT (2017).

No Brasil, a introdução da cultura da aveia-branca é atribuída aos espanhóis, com a finalidade de alimentar seus rebanhos no século XVI, sendo que, somente após muitos anos passou a ser uma cultura de interesse econômico para agricultores (TAVARES et al., 1993). O cultivo da espécie concentra-se de forma mais expressiva, principalmente, nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, e, em áreas menores, em Santa Catarina e São Paulo, cujas regiões apresentam características edafoclimáticas bastantes distintas

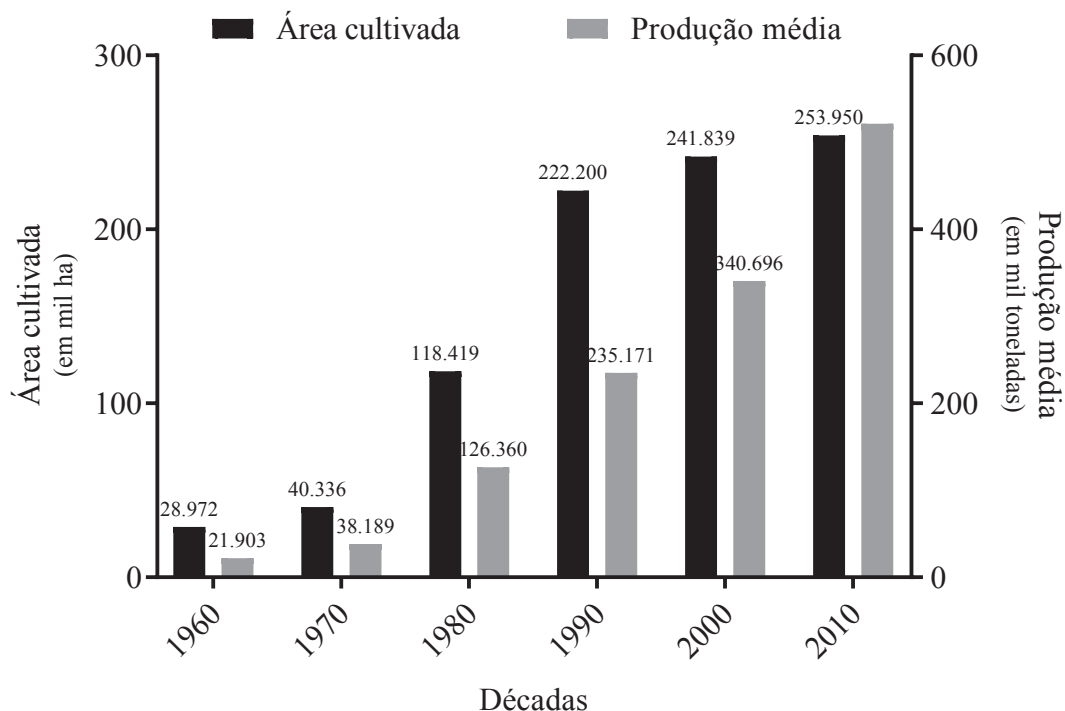
(IBGE, 2018). Na safra de 2017 foram semeados cerca de 340 mil hectares de aveia branca obtendo-se uma produção de 752 mil toneladas de grãos (CONAB, 2018).

O aumento do cultivo de aveia-branca no Brasil se deu pelas inúmeras possibilidades de uso desse cereal, o que configura uma cultura importante para uso na estação fria do ano, ocupando porção significativa de terras disponíveis (TAFERNABERRI Jr et al., 2012). Além de utilização para produção de grãos, a aveia-branca é uma alternativa interessante para a utilização em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), pois melhora as características físicas e químicas solo e, além do mais, possui papel fundamental em sistemas de semeadura direta (TUNES et al., 2008).

Na produção animal, a aveia enquadra-se como cereal de duplo-propósito, ou seja, para a produção de forragem precoce e de grãos (FONTANELI et al., 2009). Assim, é um importante cereal de inverno utilizado na alimentação animal, formação de pastagens e produção de silagem, além de servir como cobertura de solo para o sistema de plantio direto e para adubação verde. É uma alternativa viável para a rotação de culturas e possui efeito de recuperação e conservação de solo reconhecidos (CARVALHO et al., 1987; TAFERNABERRI et al., 2012). Além disso, genótipos de aveia-branca que apresentem reação de resistência a nematoides podem ser utilizados para controle do fitopatógeno em rotação de culturas (MACHADO et al., 2015; RIEDE et al., 2015; CARRARO-LEMES et al., 2020). Neste contexto há uma necessidade constante de obter cultivares de aveia com tipos agronômicos superiores para agregar maior rentabilidade e garantir a sustentabilidade do sistema de produção agrícola (OLIVEIRA et al., 2013).

A evolução do cultivo da aveia-branca no Brasil é apresentada em números ao longo de seis décadas (FAOSTAT, 2017). Nesse período houve aumento gradativo de área cultivada e produção médias em 8,8 e 23,8 vezes, respectivamente (Figura 2). Neste cenário destaca-se a última década quando a produção em toneladas, superou a área cultivada, em hectares.

Figura 2 - Área cultivada e produção média no Brasil nas décadas de 60, 70, 80, 90, 2000 e 2010. Passo Fundo, 2020



Fonte: adaptado da FAOSTAT (2017).

O início do cultivo de aveia-branca no Brasil ocorreu com variedades advindas de outros países. Até princípios da década de 80, essas cultivares eram provenientes, geralmente, do Uruguai, Argentina e Estados Unidos (CARVALHO; FEDERIZZI, 1993). Porém, como apresentavam baixa produtividade, devido à baixa adaptabilidade a condições climáticas, algumas instituições de pesquisa iniciaram o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, para atender a necessidade de variedades mais adaptadas a condições locais. Isso permitiu avanços em rendimento de grãos e de forragem, adaptabilidade edafoclimática, massa de grãos, maior precocidade, resistência a doenças e acamamento (BENIN et al., 2005).

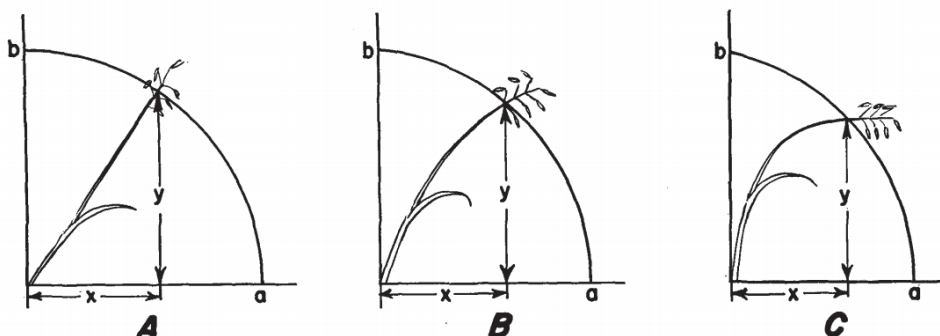
O melhoramento genético de aveia-branca foi responsável por desenvolver cultivares mais precoces e de estatura mais baixa, uma vez que as cultivares antigas de aveia-branca apresentavam ciclo tardio e estatura mais elevada quando comparadas com

cultivares modernas (BARBOSA NETO et al., 2000). A estatura de planta é uma característica que por muitos anos foi explorada de maneira intensiva para reduzir o acamamento (FANTINI et al., 1994; CAMARGO; OLIVEIRA, 1981). Com a incorporação de genes de nanismo, o objetivo foi alcançado, pois esses genes possibilitaram a redução na estatura (ZANATTA; OERLECKE, 1991). Dessa forma, foi possível modificar também a arquitetura de plantas, além disso, os genes de nanismo favoreceram a seleção de genótipos mais adaptados para cultivos em diferentes ambientes agrícolas (CANCI et al., 1997; JANDREY et al., 2012).

2.1.1 Acamamento em cereais

O acamamento pode ser definido como o deslocamento permanente do colmo de sua posição vertical ou, ainda, referido como a curvatura do colmo acima do solo a partir da postura ereta (PINTHUS, 1974). Conforme a proposta de Grafius e Brown (1954), o acamamento pode ser de três tipos, sendo eles determinados de acordo com a flexão do colmo: a) acamamento “de raiz”, o qual consiste no deslocamento da base da planta, b) acamamento “de colmo”, que ocorre ao longo de entrenós do colmo e c) acamamento do tipo "chicote", em geral ocorre no pedúnculo da planta (Figura 3). De modo distinto, Berry et al. (2003) classificaram apenas dois tipos de acamamento em trigo: a) acamamento de raiz e b) acamamento de colmo.

Figura 3 - Tipos de acamamento de acordo com o local de curvatura da planta



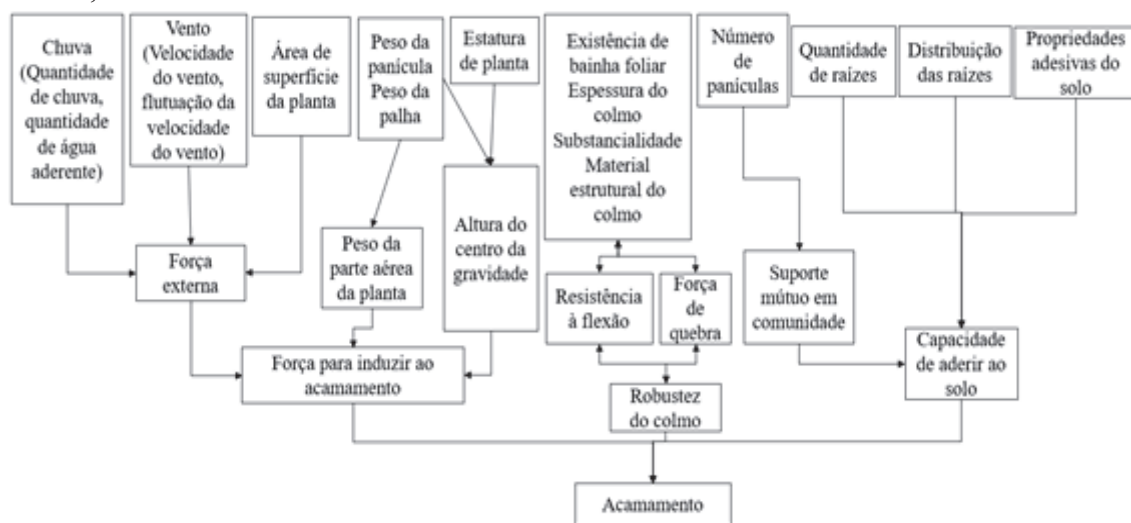
Fonte: Grafius e Brown (1954).

NOTA: A: acamamento “de raiz”; B: acamamento “de colmo”; C: Acamamento tipo “chicote”.

O acamamento é um dos principais fatores de degradação de grãos e diminuição de rendimento, pois reduz a translocação de fotoassimilados, a assimilação de carboidratos e minerais e a fotossíntese (WU; MA, 2016). O acamamento é resultado da interação entre a suscetibilidade de planta ao tombamento e a força externa aplicada, e depende da robustez de colmo e do sistema radicial (KOBAYASHI; HITAKA, 1968; SPOSARO et al., 2010).

Em cereais, o acamamento é um fenômeno complexo resultante de fatores intrínsecos ao genótipo, a características de solo, a condições climáticas e a práticas culturais adotadas (HAWERROTH et al., 2015); suas diversas interações estão representadas no diagrama (Figura 4). O ângulo de inclinação em relação ao solo pode variar em condições de campo, e pode não ser distribuído uniformemente, podendo ocorrer em alguns pontos na lavoura (PINTHUS, 1974). As manchas de nitrogênio são uma das possíveis explicações para esse fato (BERRY et al., 2004). Fatores climáticos, como a temperatura e radiação solar ainda carecem de maiores estudos em relação à sua influência no acamamento de cereais.

Figura 4 - Diagrama de mecanismos que causam o acamamento em cereais. Passo Fundo, 2020



Fonte: Adaptado de Watanabe (1997).

Causas morfofisiológicas, genéticas e ambientais, doenças e/ou pragas, intempéries, supercrescimento, sombreamento, excesso de nitrogênio e densidade alta de plantas podem interagir levando ao acamamento (ROBERTSON et al., 2016). O fenômeno é atribuído, também, a menor robustez do sistema radicial (PINTHUS, 1967; KIRICHENKO; PALAMARCHUK, 1980), à ocorrência de doenças fúngicas (GLYNNE, 1951; NAZARENO et al., 2018), mas, principalmente, à interação de densidade alta de planta com chuva, vento e fragilidade de colmos (SALMON, 1931). Na maturação fisiológica, a cultura é mais propensa à ocorrência de acamamento e, conseqüentemente, aos danos causados por esse fenômeno (WU et al., 2012; MARTINEZ-VAZQUEZ, 2016).

Em trigo, as maiores reduções no potencial de rendimento de grãos induzidas pelo acamamento ocorrem quando a cultura está em antese ou no início de enchimento de grão (FEDERIZZI et al., 1994; BERRY et al., 2004). Alguns genótipos podem apresentar alta capacidade de retornar à posição ereta, sendo que, em estádios de desenvolvimento mais avançados esse processo pode ser comprometido. Nesse sentido, foram relatadas, reduções de 31% para 25% e 20% para 12%, respectivamente, nos

estádios de massa mole e de massa dura (WEIBEL; PENDLETON, 1964). Ainda em trigo, o acamamento reduz o número de grãos por metro quadrado e o peso médio de grãos, a redução do primeiro componente de rendimento está associada à diminuição de crescimento da cultura; já o peso médio dos grãos está associado à redução de disponibilidade de assimilados para preencher os grãos (ACRECHE; SLAFER, 2011). A redução no rendimento de grãos de trigo foi de até 80% (EASSON et al., 1993), em cevada de 28 a 65% (SISLER; OLSEN, 1951; STANCA et al., 1979; JEDEL; HELM, 1991).

No século passado, as reduções devido ao acamamento em aveia-branca eram estimadas em torno de 37% (PENDLETON, 1954). Em experimento com acamamento induzido (inclinação de 45° e 90° da posição vertical), o potencial de rendimento de grãos do cereal foi reduzido, respectivamente, em 37% e 36%, quando ocorrido dez e vinte dias após a antese (NORDEN; FREY, 1959). Os mecanismos envolvidos em perdas de rendimento devido ao acamamento em cereais não são claros, principalmente quando envolvem perdas grandes no peso de grãos (ACRECHE; SLAFER, 2011).

Em trigo, Federizzi et al. (1994) observaram que o acamamento aumentou o número de espiguetas estéreis, diminuiu o número total de espiguetas e de grãos por espiga; quando ocorreu no estágio de antese reduziu o rendimento de grãos. Outro estudo, relatado por Cruz et al. (2000), informa que o acamamento artificial não determina a redução de rendimento de grãos, embora o componente de rendimento “número de espigas” tenha sido afetado pela ação no estágio de grão em massa mole. Chama a atenção que todos os estudos citados até aqui, foram realizados induzindo artificialmente o acamamento nas respectivas culturas, com a utilização de cordas com o intuito de manter as plantas acamadas a um ângulo de 90°.

O acamamento de plantas caracteriza-se como um problema recorrente em lavouras de aveia-branca, provocando perdas, na quantidade e qualidade de grãos e sementes, dificultando a colheita, diminuindo a produtividade e aumentando custos de produção (ZAGONEL; FERNANDES, 2007; OLIVEIRA et al., 2011; ALIZADEH et al., 2011). A utilização de cultivares de aveia-branca mais produtivas e responsivas à

adubação tem acarretado o uso intenso de fertilizantes nitrogenados, associado a técnicas de manejo que buscam otimizar o aproveitamento espacial da lavoura, como o aumento da densidade de semeadura (HAWERROTH et al., 2015). Nessa espécie, produtividade de palha e de grãos está associada diretamente ao manejo, como população de plantas, disponibilidade de nutrientes e controle fitossanitário (BENIN et al., 2005). Porém, a redução da densidade de plantas reduz, concomitantemente, o percentual de acamamento em cereais (BERRY et al., 2004).

O comprimento de planta está relacionado à disponibilidade de nitrogênio no solo (MOHR et al., 2007). O nitrogênio interfere no desenvolvimento morfológico de cereais, maximizando o rendimento. Porém, altos teores do elemento tendem a estimular o vigor vegetativo, o que induz ao acamamento (HAWERROTH et al., 2015). Práticas de adubação, maior densidade de semeadura, apesar de contribuírem para o incremento de produtividade de grãos, aumentam os riscos de ocorrência de acamamento de plantas (CECCON; GRASSI FILHO; BICUDO, 2004; MOHR et al., 2007). Além dessas práticas, a semeadura tardia (BRADY, 1934) e drenagem deficiente (HALLIDAY, 1948) foram associadas ao acamamento. Em relação à profundidade de semeadura, há divergências sobre a contribuição dessa prática, Hanley (1942) conclui que quanto mais profundo maior a propensão do acamamento, já para Pinthus (1974) a semeadura mais profunda reduz o acamamento em cevada. Em geral, as evidências publicadas para os efeitos da profundidade da semeadura são escassas.

2.1.2 Caracteres morfológicos de colmo

Há mais de cem anos Garber e Olson (1919) afirmaram que “o acamamento em cereais depende de tantos fatores, que nenhum parece estar correlacionado suficientemente próximo ao acamamento para ter muito valor como índice de seleção”. Contudo, caracteres morfológicos de plantas ainda são estudados, pois a seleção é dependente do fenótipo.

O comprimento do colmo é relacionado com o diâmetro dos entrenós basais, e em geral é associado à resistência ao acamamento, devido a possíveis causas de fragilidade estrutural que o predeterminam (PINTHUS, 1974; CRUZ et al., 2001; TRIPATHI et al., 2003; KELBERT et al., 2004; RAJKUMARA, 2008; BERRY et al., 2015). Na parte basal do colmo, a proximidade entre os entrenós inferiores e as raízes, próximas à região da coroa, em geral o primeiro e o segundo entrenó, mostram correlação positiva com a predeterminação ao acamamento nos cereais de inverno, quando esses são longos (PINTHUS, 1974; ZHANG et al., 2016).

Já o diâmetro de colmo foi associado de maneira consistente com à resistência ao acamamento em aveia (BRADY, 1934; CAFFREY; CARROLL, 1938; HAMILTON, 1951; MULDER, 1954), trigo (WELTON, 1928; CLARK; WILSON, 1933; ATKINS, 1948; CRUZ et al., 2001; WANG et al., 2006; BERRY et al., 2007; RAJKUMARA, 2008), cevada (MULDER, 1954; BERRY et al., 2006; MADIĆ et al., 2016) e arroz (ISLAM et al., 2007; KASHIWAGI, et al., 2008; OOKAWA et al., 2010; WU et al., 2012; HIRANO et al., 2014; ZHANG et al., 2014; HIRANO et al., 2017).

No contexto histórico de pesquisas com relação ao acamamento, foram encontradas muitas divergências sobre a relação entre esse fenômeno e o comprimento de planta, na cultura do trigo (DAVIDSON; LECLERC, 1923; GOULDEN; NEATBY, 1929; CLARK; WILSON, 1933; TORRIE, 1936; ATKINS, 1948; HARRINGTON; WAYWELL, 1950; CRUZ et al., 2001), da aveia (GARBER; OLSON, 1919; DAVIS; STANTON, 1932; BRADY, 1934; HUNTER, 1935; CAFFREY; CARROLL, 1938; HAMILTON, 1941; HAMILTON, 1951), da cevada (VON WETTSTEIN, 1952; MADIĆ et al., 2016) e do arroz (RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; KUREK et al., 2002; OOKAWA et al., 2010). Nesses cereais, há divergências também para o comprimento dos entrenós (BRADY, 1934; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; ATKINS, 1938; CAFFREY; CARROLL, 1938; HAMILTON, 1941; ATKINS, 1948; VON WETTSTEIN, 1952; VON WETTSTEIN, 1957; CRUZ et al., 2001; HIRANO et al., 2014; ZHANG et al., 2014; MADIĆ et al., 2016; ZHANG et al., 2016; HIRANO et al., 2017) e o peso por entrenó de colmo (GARBER; OLSON, 1919; ATKINS, 1938;

ATKINS, 1948; HAMILTON, 1941; MULDER, 1954; KONG et al., 2013; HIRANO et al., 2017).

Em trigo, Cruz et al. (2001) apontaram o comprimento do pedúnculo como um caractere que pode ser usado na seleção indireta visando à maior resistência ao acamamento. Com relação ao diâmetro interno de colmo, alguns autores encontraram correlações positivas (BRADY, 1934; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; CAFREY; CARROLL, 1943; HAMILTON, 1951; MULDER, 1954; HAMILTON, 1941; KONG et al., 2013), e outros observaram, negativa com a resistência ao acamamento (VON WETTSTEIN, 1952; NORDEN; FREY, 1959; DUNN; BRIGGS, 1989; WANG et al., 1998; ZHANG et al., 2016).

Em cevada e aveia, o teor de matéria seca de colmo mostrou correlação positiva com a resistência ao acamamento (TANDON et al., 1973; LEITCH; HAYES, 1989; WHITE, 1995). Já, em relação ao teor de matéria seca de raízes, a avaliação demonstrou não ser tão precisa em relação à ancoragem de planta, sendo necessário utilizar a superfície radicial e a relação de matéria seca de raízes/matéria seca de parte aérea, considerado o melhor método para verificar o efeito de fragilidade estrutural de raízes em relação ao acamamento (PINTHUS, 1974). Em outros estudos o peso e o comprimento de espiga foram associados com a resistência ao acamamento em trigo (ATKINS, 1948), e da panícula em aveia (DAVIS; STANTON, 1932) e arroz (WU et al., 2012).

Outras características comumente associadas ao acamamento que também são motivos de divergências são: perfilhamento (CLARK; WILSON, 1933; BRADY, 1934; HAMILTON, 1951; HIRANO et al., 2014), posição de folhas (CAFFREY; CARROLL, 1938; HAMILTON, 1951), comprimento de bainhas das folhas (HAMILTON, 1941; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934) e número de nós por planta (HAMILTON, 1941; VON WETTSTEIN, 1957). Harrington e Waywell (1950) não encontraram relação entre resistência ao acamamento e peso seco de raiz, diâmetro de coroa, diâmetro médio de colmo, razão da circunferência da coroa em relação ao número de colmos e proporção de peso de parte aérea com o peso de sistema radicial nos cereais.

2.1.3 Caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de colmo

As estruturas anatômicas de colmo de maior relevância para estudos sobre acamamento são número e diâmetro de feixes vasculares. A maioria desses elementos tem correlação negativa com o acamamento, uma vez que com o engrossamento de paredes de colmos há maior quantidade de tecidos parenquimáticos e feixes vasculares; em consequência, o teor de água aumenta e o conteúdo de lignina diminui, o que confere maior elasticidade ao colmo e menor propensão ao acamamento (PINTHUS, 1974; ROCHA, 1996).

Há discordância quanto à associação de resistência ao acamamento com a espessura de parede celular (GABER; OLSON, 1919; BRADY, 1934; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; CAFREY; CARROLL, 1943; MULDER, 1954), tecido epidérmico (CAFREY; CARROLL, 1943; VON WETTSTEIN, 1952; MULDER, 1954), quantidade de esclerenquima no colmo (GABER; OLSON, 1919; CARROLL, 1943; BRADY, 1934; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; CAFREY; HAMILTON, 1941; HAMILTON, 1951), número de feixes vasculares no colmo (GARBER; OLSON, 1919; BRADY, 1934; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; HAMILTON, 1941; HAMILTON, 1951; WANG et al., 2006; KONG et al., 2013; HIRANO et al., 2014; PACKA et al., 2015) e largura ou área da secção transversal de feixes vasculares (GARBER; OLSON, 1919; RAMIAH; DHARMALINGAM, 1934; HAMILTON, 1941; HAMILTON, 1951; VON WETTSTEIN, 1952; KONG et al., 2013; HIRANO et al., 2014; ZHANG et al., 2016). O número de células lignificadas na bainha do feixe ou no interior dos feixes vasculares, a largura de tecido esclerenquimático e a largura de parede de colmo e o número de camadas de tecido esclerenquimático foram considerados índices baixos de resistência ao acamamento (HAMILTON, 1941).

Existem muitos métodos analíticos para a medição de componentes específicos de parede celular (JUNG, 1997). Através de solução de detergentes neutro e ácido, utilizados para determinar a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e a fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), respectivamente, é possível separar o conteúdo

celular dos componentes da parede celular (OLIVEIRA et al., 2016). A solução de fibra em detergente neutro solubiliza o conteúdo celular, permanecendo no resíduo a hemicelulose, celulose, lignina, sílica e os minerais, já a solução de fibra em detergente ácido solubiliza a hemicelulose, permanecendo no resíduo a celulose, lignina, sílica, nitrogênio e os minerais insolúveis (SILVA; QUEIROZ, 2009).

Sendo assim, os carboidratos estruturais são constituídos de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. A fibra em detergente neutro por sua vez compreende a fração composta de celulose + hemicelulose + lignina, já a fibra em detergente ácido é composta por celulose + lignina (VAN SOEST, 1991). A hemicelulose pode ser obtida a partir da diferença das frações de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (MACEDO JUNIOR et al., 2007).

O conteúdo de lignina, celulose e hemicelulose, principalmente, em entrenós basais, afetam a resistência de planta ao acamamento (TRIPATHI et al., 2003; ZHU et al., 2008). A ausência dessas características reduz robustez de colmo, culminando no acamamento de planta sob ação de vento, chuva ou granizo. De outro modo, quando presente em quantidade adequada pode proporcionar maior elasticidade, permitindo que a planta retorne à posição original em um curto período de tempo (ROCHA, 1996; OKUNO et al., 2014; OOKAWA et al., 2014; PENG et al., 2014). O teor de lignina presente no colmo geralmente está associado à resistência ao acamamento. Porém, esses teores em sua composição, estrutura e quantidade variam de acordo com o tecido, os órgãos, a origem botânica, a idade da planta e os fatores ambientais (MACEDO JUNIOR et al., 2007). Em aveia-branca, a resistência ao acamamento pode ser melhorada, aumentando a resistência mecânica do colmo, concomitantemente com o aumento dos carboidratos estruturais do colmo, sendo que esses carboidratos podem regular o desenvolvimento do colmo, e assim afetar sua resistência (ZHANG et al., 2019).

Os estudos envolvendo a cultura da aveia e o acamamento reportam sobre condições ambientais responsáveis pela fragilidade de colmo (WELTON, 1928; PINTHUS, 1974), nutrição mineral (MULDER, 1954; MA et al., 2017), características

físicas de grãos (WELTON, 1928; PINTHUS, 1974) e rendimento de grão (PINTHUS, 1974). Em relação aos caracteres de colmo associados à resistência ao acamamento, os estudos com a aveia tratam sobre carboidratos estruturais, como a lignina e celulose (WELTON, 1928; PINTHUS, 1974), caracteres anatômicos (WELTON, 1928; PINTHUS, 1974), comprimento e diâmetro dos entrenós (NORDEN; FREY, 1959; PINTHUS, 1974), tipos hipotéticos de acamamento de acordo com a flexão de colmos, além de um índice de avaliação do mesmo (GRAFIUS; BROWN, 1954) e caracteres de raiz (HARRINGTON; WAYWELL, 1950). As pesquisas em aveia-branca também focam no uso de reguladores de crescimento, como o chlormequat (LEITCH; HAYES, 1989) e trinexapac-ethyl (GUERREIRO; OLIVEIRA, 2013; HAWERROTH et al., 2015).

Mesmo considerando o conjunto de dados disponíveis, ainda existe carência de informações sobre a relação entre caracteres de colmo e raiz associados à resistência ao acamamento em aveia-branca (TUMINO et al., 2017).

2.1.4 Índices de avaliação da resistência ao acamamento

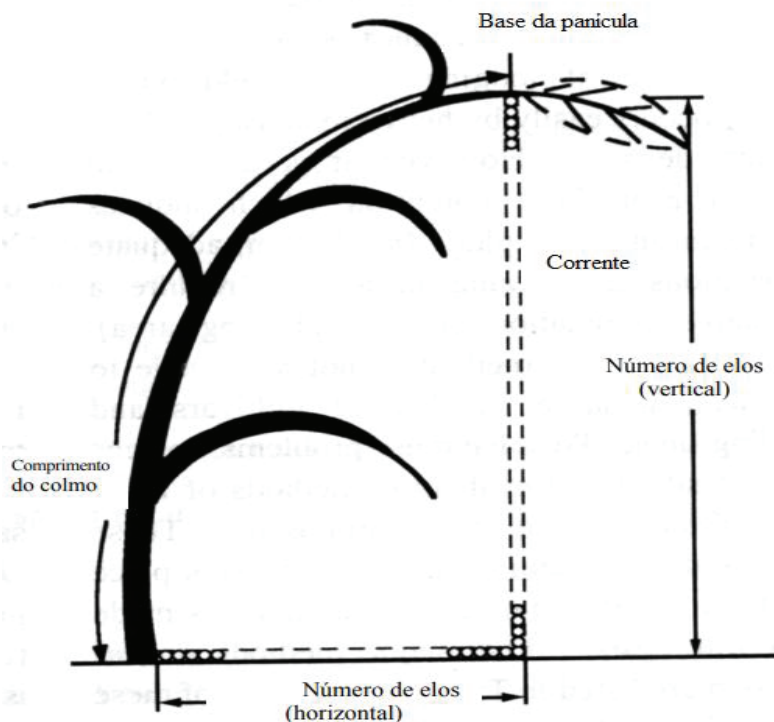
Devido à complexidade do acamamento, muitos índices, modelos matemáticos e coeficientes foram propostos a fim de solucionar a dificuldade de avaliação, principalmente em gerações segregantes (CRUZ et al., 2001). Nesse sentido, às vezes, o acamamento pode não ocorrer, ou apenas muito pouco, para que nenhuma das linhas ou variedades em teste seja afetada. Por outro lado, em condições extremamente favoráveis ao acamamento, todas as linhas ou variedades podem acamar, o que não permite distinção (PINTHUS, 1974). Ecótipos distintos tendem a ser mascarados por estes fatores (NEENAN; SPENCER-SMITH, 1975). Consequentemente, nenhum estudo pode fornecer informações totalmente válidas para seleção, que deve ser realizada com base na avaliação de uma gama ampla de condições ambientais (PINTHUS, 1974), estádios de desenvolvimento e metodologias.

Há pouco mais de duas décadas Watanabe (1997) acreditava que o índice de avaliação mais acurado para determinar a resistência ao acamamento era o de observar sua incidência em campo. Porém, estudos posteriores descrevem a dificuldade de avaliação da resistência do acamamento no campo, pela falta de precisão (CRUZ et al., 2001), eficiência e objetividade (WILKE et al., 2019). Alguns índices foram propostos na tentativa de solucionar a precisão de avaliação da resistência ao acamamento, porém cada um desses índices de avaliação simplificados tem distinções, bem como méritos e deméritos (WATANABE, 1997).

A porcentagem de área acamada é a forma de avaliação de resistência ao acamamento mais comumente utilizada em cereais (CRUZ et al., 2001). Alguns autores propuseram variações dessas estimativas visuais (DE SOUZA, 1998), as quais estabeleceram as bases para um sistema mais elaborado, considerando a porcentagem de área acamada e o ângulo de inclinação de colmos.

Neste viés, a metodologia mais eficiente na identificação de resistência ao acamamento, principalmente em populações segregantes, segundo Cruz et al. (2001) e Watanabe (1997) é o índice conhecido internacionalmente como coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (cLr) (Figura 5) desenvolvido por Grafius e Brown (1954). Esse método é preditor da força que o colmo pode suportar, sendo mensurado o comprimento do colo da planta até a inserção da panícula, bem como o número de elos da corrente que fica suspensa, referente ao peso que a planta pode suportar até o momento de flexão do colmo. Posterior a essas aferições, o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento é gerado, dividindo-se o peso suportado pelo comprimento do colmo. A interpretação desse coeficiente é variável em relação ao conjunto de genótipos utilizados, uma vez que, quanto maior o coeficiente gerado, pressupõe-se maior resistência que o colmo possui ao acamamento.

Figura 5 – Índice de aferiação sobre o valor do coeficiente de resistência do colmo



Fonte: Watanabe (1997).

O coeficiente de resistência do colmo ao acamamento foi utilizado em arroz (OKUNO et al., 2014; HIRANO et al., 2014; HIRANO et al., 2017), trigo (CRUZ et al., 2001; CRUZ et al., 2004; ZHANG et al., 2017), além da cultura da aveia, a qual esse índice foi proposto (GRAFIUS; BROWN, 1954). Norden e Frey (1959) não obtiveram interação significativa entre valores do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (cLr) e estádios finais de desenvolvimento de planta, indicando que a resistência ao acamamento pode ser comparada em qualquer momento da antese à maturação.

Outros índices foram propostos, entre os quais destaca-se o índice do colmo (YAGI, 1983) em que o diâmetro do segundo entrenó é dividido pelo comprimento do

colo da planta até a base da espiga. Além desses dois métodos, foi proposto por Uemura et al. (1985), o teste de tensão do colmo, que utiliza um dinamômetro para medir a força necessária para inclinar o colmo principal até um ângulo de 45° em relação à vertical. Apenas dois trabalhos com a utilização do índice do colmo e o teste de tensão do colmo foram encontrados na literatura, e somente para trigo (CRUZ et al., 2001; CRUZ et al., 2004), embora ambos podem ser feitos em laboratório (WATANABE, 1997).

Apesar de haver muitas metodologias para a avaliação de acamamento, apenas algumas foram utilizadas efetivamente nos trabalhos realizados *a posteriori*. Em relação à aveia-branca, a espécie serviu de modelo para a proposta do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (cLr) (GRAFIUS; BROWN, 1954); não se tem conhecimento de relatos nessa cultura sobre a utilização do teste de tensão do colmo e o índice do colmo. Portanto, não pode ser escolhido qualquer índice em particular como sendo mais eficaz, e sim um conjunto de índices seria mais apropriado na avaliação do acamamento.

Pelo que se percebeu na revisão de literatura os caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de colmo em aveia-branca ainda carecem de informações mais aprofundadas, a fim de auxiliar no processo de seleção de cultivares mais resistentes ao acamamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal e local do experimento

Foram avaliadas oito cultivares de aveia-branca contrastantes quanto à resistência ao acamamento (Tabela 1). Os dados apresentados foram obtidos junto ao Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (2017), na média de 18 locais dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Tabela 1 – Obtentor, ano de lançamento e características agronômicas de cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

Cultivar	Obtentor ¹	Ano de lançamento	Estatura (cm)	Ciclo ²	IA ³ (%)
FAEM 5 Chiarasul	UFPEL	2010	117	128	42
UPFA Gaudéria	UPF	2009	117	129	39
FAEM 4 Carlasul	UFPEL	2010	117	129	39
Brisasul	UFPEL	2009	110	133	33
URS Brava	UFRGS	2012	127	130	31
IPR Afrodite	IAPAR	2012	114	133	25
URS Altiva	UFRGS	2015	120	128	15
URS Taura	UFRGS	2009	101	128	15

Fonte: Lângaro et al. (2017).

¹UFPEL: Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil; UPF: Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil; UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; IAPAR: Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. ²Número de dias entre a emergência e a maturação. ³Incidência de acamamento.

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), no município de Passo Fundo/RS (28° 15' 46" S, 52° 24' 24" W), de maio a novembro de 2018. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico

(SANTOS et al., 2018). A caracterização físico-química desse solo é apresentada na Tabela 2.

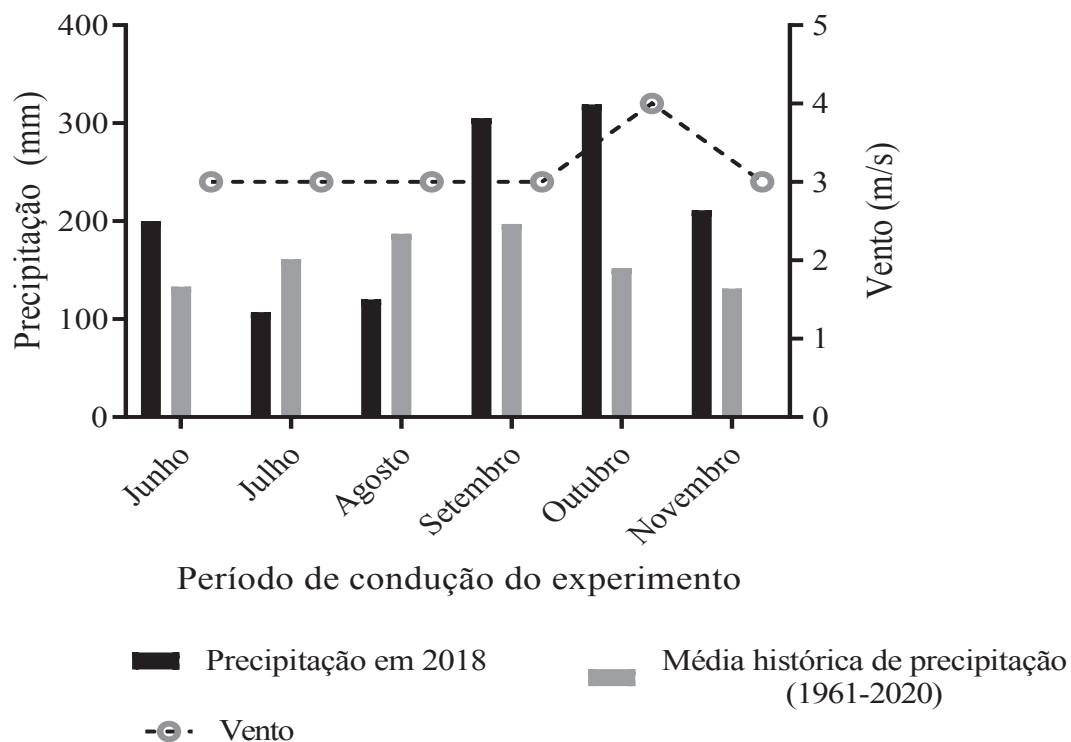
Tabela 2 – Atributos físico-químicos do solo (0-20 cm). Passo Fundo, 2018

Argila (%)	pH água	Índice SMP	M.O. ¹ (%)	P ...mg/dm ³	K	Al	Ca cmol _c /dm ³	Mg	
45	5,2	5,6	2,9	29,8	182	0,3	5,9	1,7	
H+Al	CTC efetiva	CTC pH 7	V	M	S	Cu	Zn	Mn	B
7,1	8,4	15,1	53	4	5,7	1,7	1,3	36	n.d

¹MO: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Al: alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; CTC efetiva: capacidade de troca de cátions determinada no pH do solo; CTC pH 7: capacidade de troca de cátions estimada em pH 7; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio; S: enxofre; Cu: cobre; Zn: zinco; Mn: manganês; B: boro; n.d: não determinado.

O clima da região é subtropical úmido do tipo Cfa conforme a classificação de Köppen-Geiger (MORENO, 1961), com precipitação média anual de 1746 mm e temperatura média de 20°C. As precipitações pluviométricas e a velocidade de ventos no período de condução do experimento foram obtidas junto à estação experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Figura 6).

Figura 6 - Precipitação pluviométrica mensal e velocidade média do vento ocorridas no período experimental e normais regionais (NR). Passo Fundo, 2018



Fonte: Embrapa Trigo.

3.1.1 Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos completos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram oito cultivares de aveia-branca (Tabela 1). As unidades experimentais foram constituídas por parcelas de cinco linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,17 m entre linhas e 0,40 m entre parcelas.

3.1.2 Procedimentos

A área foi dessecada quinze dias antes da instalação do experimento com 2 L/ha de glifosato (Roundup Original®) + 1,5 L/ha de 2,4-D (Aminol®) + 0,5 L/ha de cletodin (Select 240®) e dois dias antes do plantio foram aplicados 2 L/ha de paraquat (Gramoxone®). A adubação de base e de cobertura da aveia-branca foram realizadas conforme as recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (CBPA, 2014). O plantio foi realizado sobre a palhada remanescente de soja [*Glycine max* (L.) Merr.], com semeadora de parcela, na densidade de 300 sementes aptas/m². Os tratos culturais foram realizados tendo por referência os estádios fenológicos da aveia-branca (ZADOKS et al., 1974).

A adubação de base consistiu no uso de 200 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O (5-20-20) e em cobertura foram realizadas duas aplicações de nitrogênio (N), ambas na forma de ureia, sendo a primeira no estágio 25 (30 kg N/ha) e a segunda no início no estágio 31 (15 kg de N/ha).

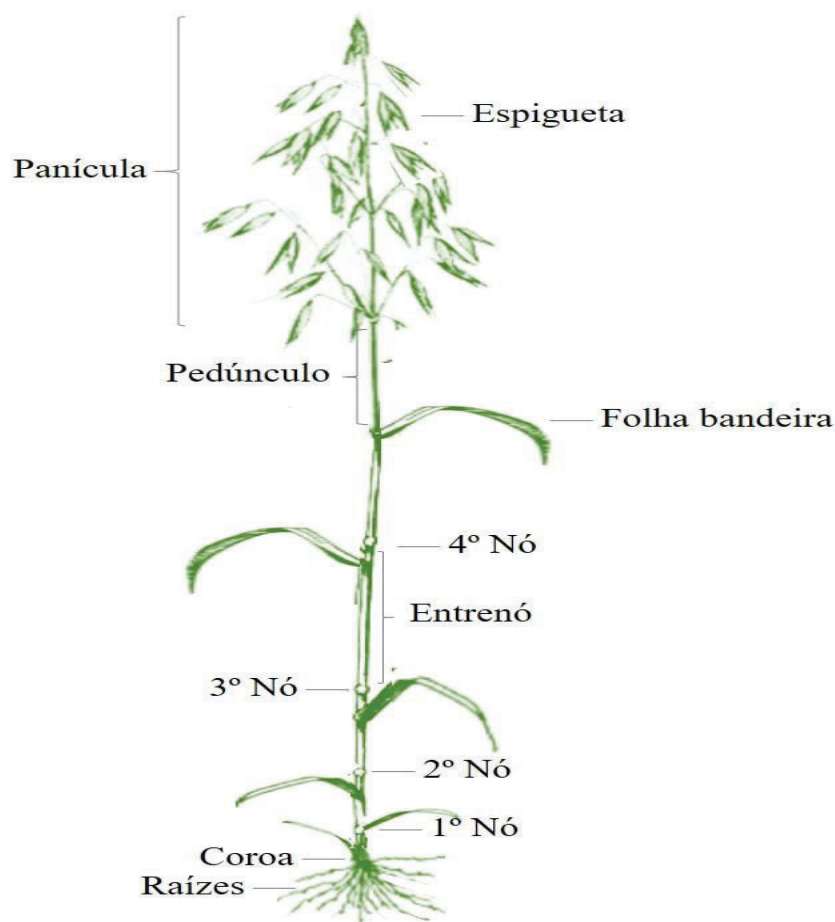
No final do estágio 25 foi utilizado 1,5 L/ha de 2,4-D (Aminol®) para controle de plantas daninhas. O tratamento antifúngico foi realizado por meio de três aplicações de 0,8 L/ha de epoxiconazol + fluxapirroxad + piraclostrobina (Ativum®), nos estádios 41, 61 e 70 (ZADOKS et al., 1974).

3.1.3 Caracteres morfológicos de colmo e panícula

As avaliações de caracteres de robustez de colmo e panícula ocorreram no estágio fenológico 70 (ZADOKS et al., 1974). Para as avaliações foram amostradas dez plantas representativas de cada cultivar, em cada repetição.

Vinte e cinco caracteres morfológicos de colmo e panícula foram avaliados, tendo por critério sua localização na planta (Figura 7):

Figura 7 - Diagrama representativo de uma planta de aveia-branca. Passo Fundo, 2020



Fonte: o autor.

Os caracteres foram classificados quanto ao diagrama de Watanabe (1997) representado na Figura 4.

A. Força de planta

Para avaliar a força de planta, foram coletadas dez panículas na área útil de cada repetição e, posteriormente pesadas para quantificação da matéria verde de panícula

(MVP). A matéria seca de panícula (MSP) obtida mediante secagem a $60\pm 3^{\circ}\text{C}$, em estufa de ar forçado, até peso constante.

A variável matéria verde de colmo (MVC) foi obtida mediante coleta de dez colmos principais, com a retirada da bainha foliar, e a matéria seca do colmo (MSC) foi obtida mediante secagem a $60\pm 3^{\circ}\text{C}$, em estufa de ar forçado até peso constante. O teor de matéria seca de colmo (TMSC) foi obtido pela fórmula: $\text{TMSC} = 100 * (\text{MSC} / \text{MVC})$.

B. Robustez do colmo

Para avaliação da robustez do colmo foi determinado o diâmetro de coroa (DC) pelo alongamento do primeiro entrenó da haste abaixo do coleóptilo, o mesocótilo (CASTRO et al., 2012). O diâmetro externo (DE) e interno (DI) dos quatro primeiros entrenós basais do colmo principal foram determinados na parte mediana do entrenó. As mensurações do diâmetro da coroa, diâmetros externo e interno foram realizadas utilizando um paquímetro digital. Para o comprimento de entrenós (CE) foram amostrados os quatro primeiros entrenós do colmo principal entre cada nó. O comprimento de pedúnculo (CPED) foi mensurado do último nó do colmo até a base da panícula.

A estatura de planta foi avaliada amostrando-se, aleatoriamente, três pontos das repetições, utilizando-se uma lâmina plástica transparente sobreposta horizontalmente sobre a vegetação e uma régua graduada em centímetros.

C. Índices

Foram testados três índices para mensuração da resistência do colmo ao acamamento, bem como a aplicação da metodologia proposta por Grafius e Brown (1954), referente ao tipo de curva do colmo.

a) coeficiente de resistência do colmo principal ao acamamento (cLr): foi determinado pela fórmula proposta por Grafius e Brown (1954):

$$cLr = \frac{F}{b} \quad (1)$$

em que “F” é o peso em gramas, da parte que ficava suspensa, de uma corrente com 0,5 g por elo, com dois elos por centímetro, presa na base da panícula; e “b” é a altura do colmo (cm), medida da coroa da planta até a base da panícula. Para mensurar o número de elos, foi definido o ponto em que o colmo interrompeu seu movimento descendente, estabelecendo assim, um equilíbrio entre a resistência ao torque e o torque que tendia a causar o acamamento. A determinação do valor do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, o número de elos da corrente foi contabilizado e multiplicado pelo peso dos elos. Posteriormente, foi mensurado o comprimento do colmo. Nesse índice, o peso do colmo, das folhas e da panícula são excluídos pela deposição, pois a planta em condições de campo é totalmente capaz de suportar seu próprio peso.

b) teste de tensão do colmo (TTC): foi determinado conforme Uemura et al. (1985), usando um dinamômetro de três Newtons (N) para mensuração de força necessária para inclinar o colmo principal até um ângulo de 45° em relação à posição vertical.

c) índice do colmo (IC): foi calculado conforme Yagi (1983):

$$IC = \frac{DE^2}{CP} \quad (2)$$

em que o diâmetro externo do segundo entrenó (DE2) foi dividido pelo comprimento da planta (CP) até a base da panícula.

d) tipo de acamamento (TA): foi determinado pela equação proposta por Grafius e Brown:

$$X^2 = a^2 (1 - y^2 / b^2) \quad (3)$$

em que X é o valor, expresso em centímetros, do comprimento da base da planta até a inserção da panícula, Y é a distância, em centímetros, da base da panícula ao solo e b é valor constante 2. O valor obtido “a” é comparado com o comprimento de planta, determinando assim o tipo de acamamento.

3.1.4 Caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de pedúnculo

As avaliações de características de colmo ocorreram no estágio fenológico 70 (ZADOKS et al., 1974). Para as avaliações foram amostradas dez plantas representativas de cada cultivar por repetição. A determinação de componente de planta a ser estudado teve como base o segmento de maior ocorrência de acamamento, o qual foi observado na região do pedúnculo nas oito cultivares estudadas.

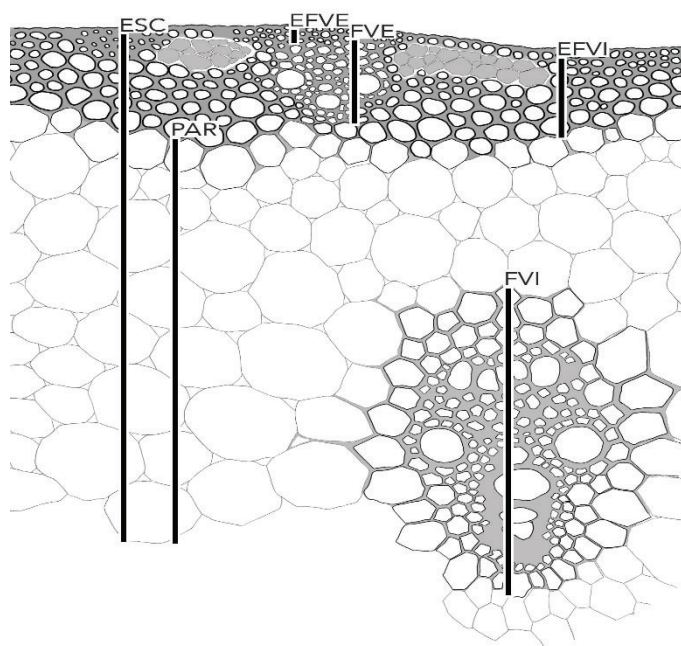
Foram avaliados seis caracteres anatômicos, quatro carboidratos estruturais de pedúnculo e resistência ao acamamento: a) fibra em detergente neutro; b) fibra em detergente ácido; c) hemicelulose; d) lignina; e) comprimento do esclerênquima sobre o feixe vascular interno; f) comprimento do esclerênquima sobre o feixe vascular externo; g) feixe vascular externo; h) parênquima; i) feixe vascular interno; j) esclerênquima até a cavidade medular.

Como meio de avaliar os carboidratos estruturais da parede do pedúnculo, foi realizada a análise do teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) obtidos pelo método de Van Soest et al. (1991). A hemicelulose (HEMI) foi obtida por meio de diferença entre os teores de FDN e FDA (BARROS et al., 2019).

A determinação do teor de lignina (LIG) foi determinada pelo método sequencial de Van Soest (1991), em dez pedúnculos de colmo principal por cultivar.

Para observar a estrutura anatômica no interior do pedúnculo (Figura 8), foram utilizadas as porções médias do tecido do colmo. Após a coleta dos pedúnculos, esses foram imediatamente fixados em FAA 70 por 48h e, posteriormente, conservados em etanol 70°GL (JOHANSEN, 1940). Os cortes anatômicos foram realizados à mão livre, transversalmente da porção mediana de pedúnculo posteriormente, corados mediante à combinação de fucsina e azul de alcian (LUQUE et al., 1996) e montados com glicerina 50%.

Figura 8 - Esquema da seção transversal de aveia-branca e caracteres anatômicos mensurados. Passo Fundo, 2020



*ESC: Esclerênquima até cavidade medular; EFVE: Comprimentos de esclerênquima sobre o feixe vascular externo; FVE: Feixe vascular externo; EFVI: Comprimentos de esclerênquima sobre o feixe vascular interno; PAR: Parênquima; FVI: Feixe vascular interno.

3.1.5 Análise estatística

A avaliação estatística dos dados foi realizada inicialmente com a análise de variância (ANOVA) e teste F, conforme o seguinte modelo matemático: $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + e_{ij}$, em onde Y_{ij} é o valor do genótipo do j-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo; μ a média geral; B_j efeito do j-ésimo bloco; G_i o efeito fixo do i-ésimo genótipo; e e_{ij} o erro experimental associado à observação Y_{ij} . Em caso de diferença significativa, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para as comparações entre médias.

Os dados foram submetidos à análise de correlação de Pearson. As magnitudes de coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho et al. (2004), em que $r = 0$ foi considerada nula; $r = 0$ a $0,30$ foi considerada fraca; $r = 0,30$ a $0,60$ foi considerada média; $r = 0,60$ a $0,90$ foi considerada forte; $r = 0,90$ a 1 foi considerada fortíssima e $r = 1$ foi considerada perfeita.

As análises de agrupamento usadas para avaliar a variabilidade genética foram realizadas pelos métodos de agrupamentos hierárquicos e pelo método de otimização de Tocher (RAO, 1952). Realizou-se a análise para os caracteres de robustez de colmo e os caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de pedúnculo, mediante a geração de matriz de distância de Mahalanobis (D^2). Em seguida testou-se, por meio da análise de correlação cofenética ($r = 0,74$) para robustez de colmo e ($r = 0,72$) para os caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de pedúnculo, qual dos métodos de agrupamento hierárquico expressava melhor ajuste, o que resultou na escolha do método UPGMA para ambos os dados. A ilustração da (dis)similaridade entre as cultivares foi realizada por meio de dendrograma. O número de grupos foi definido pelo procedimento de Mojena (1977), baseado no tamanho relativo de distâncias do dendrograma. Para as variáveis foi obtida a contribuição relativa dos caracteres para divergência genética, pelo método de Singh (1981).

Para a análise de dados utilizou-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracteres morfológicos de colmo e panícula

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares para 11 de 25 caracteres testados, demonstrando variabilidade entre as cultivares. Os coeficientes de variação foram aceitáveis para maioria dos caracteres, e, conseqüentemente, demonstraram confiabilidade nos resultados (Tabela 3). As cultivares de aveia-branca, não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$) quanto ao teor de matéria seca do colmo, matéria seca de colmo e diâmetro de coroa. Para a variável teor de matéria seca de colmo foi observado valor médio de 27,37%, matéria seca do colmo de 2,26 g e diâmetro da coroa de 5,97 mm (Tabela 3). Segundo Iannucci et al. (2015) o teor de matéria seca varia entre cultivares de aveia, e resulta principalmente, de características de cada genótipo e do ciclo de produção. Esse atributo tem efeito direto em todos os caracteres. A produção de matéria seca e sua alocação em diferentes órgãos estão relacionadas à capacidade competitiva individual de cultivares (LI et al., 2016). Fatores climáticos desfavoráveis à cultura registrados no período em que o trabalho foi conduzido (Figura 6) podem ter sido a razão da inexistência de diferenças entre as cultivares para os caracteres supracitados.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os caracteres morfológicos avaliados em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

(Continua)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		DC	DI1	DI2	DI3	DI4
Bloco	2	0,08	0,55	0,63	0,77	0,84
Cultivar	7	0,37 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,51*	0,83*	0,68 ^{ns}
Resíduo	14	0,76	0,10	0,10	0,08	0,30
Média	-	5,97	3,02	3,87	4,21	4,15
CV (%)	-	7,72	10,25	7,75	6,59	10,04

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os caracteres morfológicos avaliados em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

(Conclusão)						
Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		DE1	DE2	DE3	DE4	CE1
Bloco	2	0,25	0,48	0,86	0,34	2,23
Cultivar	7	0,31 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,78*	0,68 ^{ns}	3,48 ^{ns}
Resíduo	14	0,18	0,21	0,15	0,38	2,05
Média	-	4,60	5,10	5,29	5,12	6,71
CV (%)	-	6,32	6,08	5,64	7,27	21,32
Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		CE2	CE3	CE4	MVC	MSC
Bloco	2	3,94	1,52	19,10	18,35	0,19
Cultivar	7	10,86*	14,65*	12,31 ^{ns}	10,60*	0,41 ^{ns}
Resíduo	14	0,79	1,23	10,33	1,06	0,11
Média	-	12,65	15,32	19,26	8,99	2,26
CV (%)	-	7,05	7,24	16,68	11,47	2,13
Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		TMSC	CPED	CPA	MVP	MSP
Bloco	2	30,55	4,02	3,63	0,25	0,02
Cultivar	7	43,83 ^{ns}	32,89 ^{ns}	4,83 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,28*
Resíduo	14	16,08	11,62	3,67	0,06	0,03
Média	-	27,37	35,06	18,15	2,85	1,01
CV (%)	-	5,01	9,72	10,55	8,78	16,15
Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		EST	cLr	TTC	IC	TA
Bloco	2	12,59	0,00	0,18	0,68	0,06
Cultivar	7	248,12*	0,01*	0,31*	2,87*	0,07 ^{ns}
Resíduo	14	29,65	0,00	0,06	0,28	0,07
Média	-	113,73	0,23	1,09	6,31	0,90
CV (%)	-	4,78	13,27	23,39	4,46	29,48

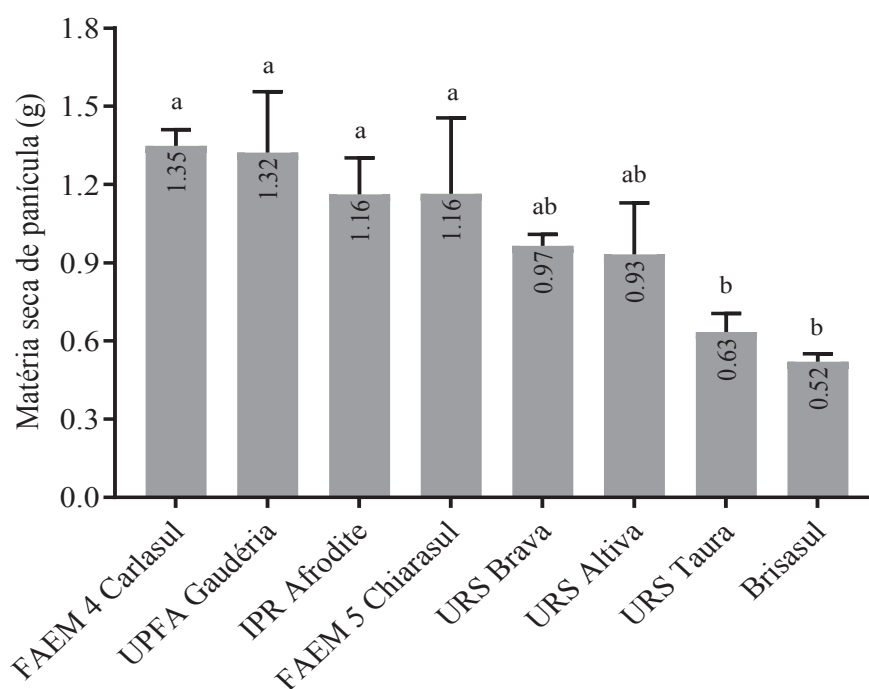
*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns}= não significativo.

DC: diâmetro de coroa; DI1, DI2, DI3 e DI4: diâmetro interno dos quatro primeiros entrenós basais do colmo principal; DE1, DE2, DE3 e DE4: diâmetro externo dos quatro primeiros entrenós basais do colmo principal; CE1, CE2, CE3 e CE4: comprimento dos quatro primeiros entrenós basais do colmo principal; MVC: matéria verde de colmo; MSC: matéria seca de colmo; TMSC: teor de matéria seca de colmo; CPED: comprimento de pedúnculo; CPA: comprimento de panícula; MVP: matéria verde de panícula; MSP: matéria seca de panícula; EST: estatura de planta; cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; TTC: teste de tensão de colmo; IC: índice do colmo; TA: tipo de acamamento.

A panícula é sustentada pelo colmo e quando esse não possui força suficiente para suportá-la durante o seu desenvolvimento, a planta pode tornar-se suscetível ao acamamento (CORBIN et al., 2016). As cultivares apresentaram diferença significativa

entre si ($p < 0,05$) para a matéria seca de panícula (Figura 9). Os maiores valores foram obtidos para FAEM 4 Carlasul, UPFA Gaudéria, IPR Afrodite e FAEM 5 Chiarasul e os menores para URS Taura e Brisasul. As cultivares com maior matéria seca de panícula tenderam a apresentar menor coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (Tabela 6). Esse caractere está relacionado diretamente com o aumento de fitomassa em aveia e com o aumento de rendimento de grãos e de índice de colheita (PELTONEN-SAINIO, 1990), estando associado diretamente a caracteres intrínsecas ao genótipo. A correlação entre a matéria seca de panícula e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento não foi significativa ($r = -0,57$), o que demonstra pouca importância desse caractere para seleção indireta visando a resistência ao acamamento.

Figura 9 – Matéria seca de panícula (MSP) de oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

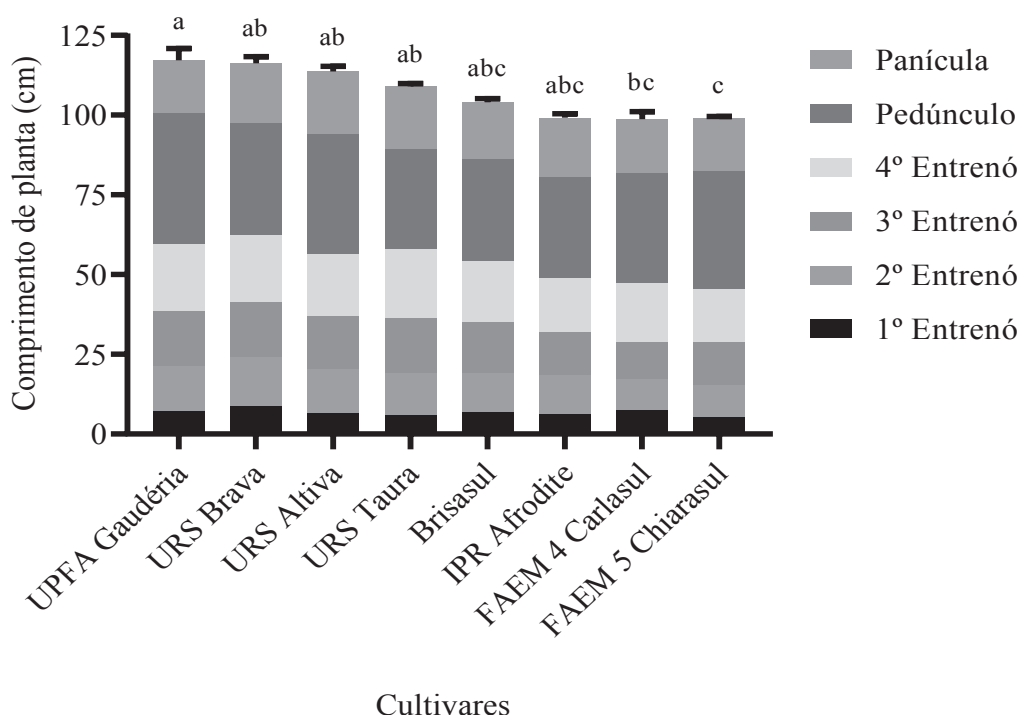


*Letras distintas sobre a coluna indicam diferença significativa entre cultivares pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O comprimento de planta é um dos principais caracteres morfológicos que afeta a resistência de culturas ao acamamento (ZHENG et al., 2017; WENG et al., 2017). As cultivares de aveia-branca apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$) para esse caractere (Figura 10); UPFA Gaudéria, URS Altiva, URS Brava e FAEM 4 Carlasul apresentaram os maiores valores, e o menor comprimento foi observado para a cv. FAEM 5 Chiarasul. O comprimento de planta é influenciado pelo ambiente e correlaciona-se positivamente com o acamamento em gramíneas, tais como, arroz, trigo e aveia-branca (CAO et al., 2001; PENCKOWSKI et al., 2010; MOHR et al., 2007; HAWERROTH et al., 2015). Segundo Okuno et al. (2014), por ser de fácil mensuração, pode ser indicado em programas de melhoramento genético para seleção indireta de cultivares visando resistência ao acamamento. Isso permitiria aceitar a hipótese de que a pressão de seleção para plantas de porte baixo determina maior expressão do caractere resistência ao acamamento (CRUZ et al., 2001).

No presente estudo houve a formação de três grupos quanto ao comprimento de planta (Figura 10), demonstrando que esse caractere, apesar de diferir entre as cultivares, parece não ser o mais indicado para a realização de seleção indireta. A seleção de plantas para redução do comprimento estará condicionada ao platô desse atributo, para que a sua redução não afete a produção de biomassa e, conseqüentemente o rendimento da cultura, devido à restrição da capacidade fotossintética (KELLER et al., 1999; ISLAM et al., 2007).

Figura 10 – Comprimento total e de componentes de planta fracionada por comprimento de entrenós, pedúnculo e panícula em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018



*Letras distintas sobre a coluna indicam diferença significativa entre cultivares quanto ao comprimento total pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em estudo com cevada observou-se que a resistência ao acamamento foi significativamente afetada pelo comprimento de entrenós (MADIC et al., 2016). Neste trabalho, o comprimento de entrenó, variou entre as cultivares de aveia-branca quanto ao comprimento do segundo e terceiro entrenós ($p < 0,05$) (Figura 10). O maior comprimento do segundo entrenó foi observado para URS Brava (15,30 cm), URS Altiva (13,98 cm), UPFA Gaudéria (13,83 cm) e URS Taura (13,52 cm). Já os menores comprimentos do segundo entrenó foram observados nas cultivares FAEM 4 Carlasul (10,00 cm) e FAEM 5 Chiarasul (9,98 cm) (Figura 10).

Para o comprimento do terceiro entrenó os maiores valores foram observados nas cultivares URS Brava (17,37 cm), UPFA Gaudéria (17,30 cm) e URS Taura (16,88 cm) e os menores valores para as cultivares IPR Afrodite (13,40 cm), FAEM 5 Chiarasul

(13,53 cm) e FAEM 4 Carlasul (11,48 cm). Apesar de terem ocorrido diferenças entre os componentes morfológicos as proporções mantiveram-se semelhantes, independentemente do comprimento de planta das cultivares avaliadas, corroborando com os resultados obtidos na cultura do arroz (OKUNO et al., 2014). Em cevada, cultivares que possuíam entrenós basais mais curtos foram mais resistentes (DUNN; BRIGGS, 1989). Em Setária (*Setaria italica*) genótipos resistentes ao acamamento apresentaram maior força para quebra do colmo do que os suscetíveis, principalmente nos entrenós basais (TIAN et al., 2017). Em arroz, resultados demonstraram que o menor comprimento de entrenó do colmo aumentou a resistência do caule, e conseqüentemente, reduziu o risco de acamamento (ZHANG et al., 2016). Nesse viés, Zhang et al. (2013) em arroz observaram que os três primeiros entrenós basais, em geral, foram mais associados com a maior resistência ao acamamento.

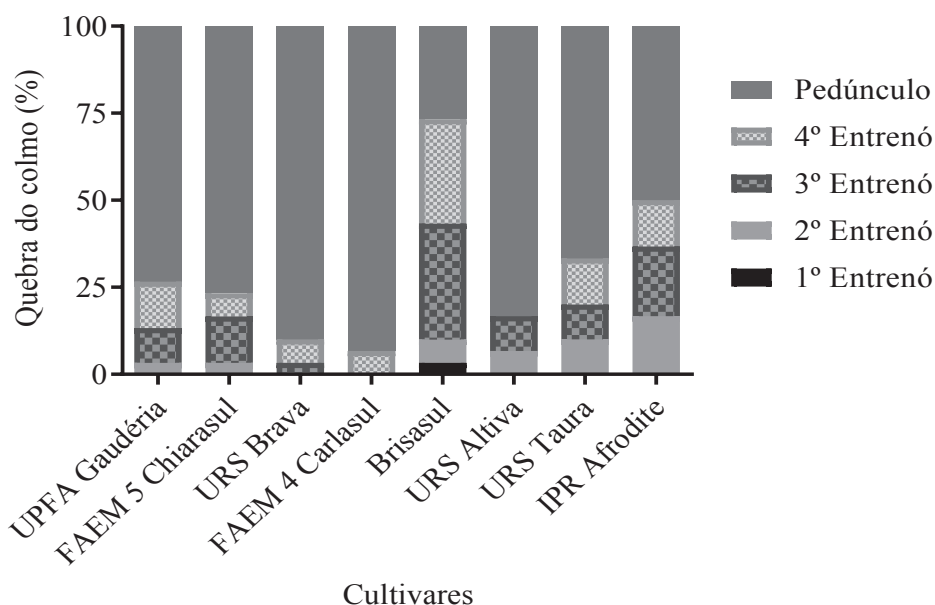
No presente estudo, no entanto, as cultivares que mostraram menor comprimento dos três entrenós basais não apresentaram maior resistência do colmo ao acamamento. Demonstrando que a afirmativa supracitada não se sustenta na cultura da aveia-branca, um vez que, os coeficientes de resistência do colmo ao acamamento das cultivares FAEM 4 Carlasul e FAEM 5 Chiarasul foram menores (Tabela 6). Neste estudo, não houve correlação significativa entre o comprimento dos entrenós e os índices aplicados para a mensuração da resistência do colmo ao acamamento (Tabela 5).

Não houve diferença significativa entre as cultivares de aveia-branca quanto ao comprimento de primeiro e quarto entrenó, comprimento de pedúnculo e comprimento de panícula ($p > 0,05$) (Figura 10). Foram observados valores médios para comprimento de primeiro e quarto entrenó de 6,71 cm e 19,26 cm, respectivamente. Para o comprimento de pedúnculo foram observados valores médios de 35,06 cm e comprimento de panícula de 18,15 cm. O comprimento do pedúnculo e do quarto entrenó foram os componentes morfológicos que mais contribuíram no comprimento de planta das cultivares. Segundo Cruz et al. (2001), há correlação negativa entre o comprimento do pedúnculo e a resistência ao acamamento ($r = -0,77^*$); assim plantas que apresentam maior comprimento de pedúnculo tendem a acamar mais. A inexistência

de diferença entre as cultivares para esse caractere, pode ser atribuída ao baixo número de cultivares testadas.

Na Figura 11 é apresentada a ocorrência de quebra no colmo de acordo com cada componente morfológico. Os maiores percentuais de quebra do colmo ocorreram ao longo do comprimento de pedúnculo (70%) e comprimento do terceiro entrenó (12%), ou seja, em estratos superiores da planta. A cv. Brisasul apresentou maior distribuição de quebra de entrenós de planta, ou seja, maior número de pontos vulneráveis à quebra. Essa cultivar apresentou intermediária resistência com base nos índices aplicados (Tabela 6), exceto no teste de tensão do colmo, onde compôs o grupo superior. Esses resultados indicam que a maior distribuição de quebra de entrenós da planta, pode vir a ser um importante caractere na seleção de plantas. A partir disso, torna-se necessário novos estudos com o objetivo de confirmar a importância dessa variável como caractere para seleção na cultura da aveia-branca, incluindo principalmente, mais cultivares e ambientes.

Figura 11 – Quebra de colmo de planta, fracionada por ocorrência nos entrenós e pedúnculo, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018



Para avaliação de estrutura do colmo principal foi mensurado o diâmetro interno e externo dos quatro primeiros entrenós basais (Tabela 4). Esses componentes podem afetar diretamente a carga que o colmo pode suportar e a resistência ao acamamento (OKUNO et al., 2014). Entre as cultivares de aveia-branca houve diferença significativa ($p < 0,05$) quanto ao segundo e terceiro diâmetro interno e o terceiro diâmetro externo (Tabela 4). Já o primeiro diâmetro interno e o primeiro e segundo diâmetro externo não apresentaram diferenças significativas entre as cultivares ($p > 0,05$) com valores médios de 3,02 mm e 4,60 mm, respectivamente. O diâmetro interno e externo do quarto entrenó não diferiram entre as cultivares de aveia-branca ($p > 0,05$), com diâmetro médio de 4,15 mm e 5,12 mm, respectivamente. A cv. URS Taura apresentou o maior diâmetro interno e externo dos três primeiros entrenós basais do colmo em relação às demais cultivares. Já a cv. FAEM 5 Chiarasul apresentou o menor diâmetro interno do primeiro e segundo entrenó (Tabela 4). Para o terceiro diâmetro interno e externo a cv. URS Brava apresentou os menores valores. Em plantas de arroz, o diâmetro do entrenó obteve correlação com o comprimento de planta; além disso, menores diâmetros de colmo estão associados à maior suscetibilidade ao acamamento (OKUNO et al., 2014; ZHANG et al., 2016). Por ser um caractere morfológico de fácil mensuração em aveia-branca, o diâmetro de entrenó pode ser usado na seleção de genótipos superiores em termos de resistência ao acamamento.

Tabela 4 – Diâmetro externo (DE) e diâmetro interno (DI) dos quatro primeiros entrenós basais de colmo, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

Cultivares	(Continua)			
	DE1°	DE2°	DE3°	DE4°
URS Taura	4,90 ^{ns}	5,71 ^{ns}	5,87 a	5,34 ^{ns}
IPR Afrodite	4,81	5,42	5,68 ab	5,65
URS Altiva	4,80	5,41	5,54 ab	5,36
UPFA Gauderia	4,92	5,37	5,34 abc	5,24
FAEM 4 Carlasul	4,49	4,83	5,41 abc	5,00
URS Brava	4,47	4,63	4,39 c	4,26
Brisasul	4,46	5,01	5,45 abc	5,51
FAEM 5 Chiarasul	3,97	4,42	4,63 bc	4,60
Média ± DP	4,60 ± 0,48	5,10 ± 0,60	5,29 ± 0,63	5,12 ± 0,68
CV (%)	6,32	6,08	5,64	7,27

Tabela 4 – Diâmetro externo (DE) e diâmetro interno (DI) dos quatro primeiros entrenós basais de colmo, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

Cultivares	(Conclusão)			
	DI1°	DI2°	DI3°	DI4°
IPR Afrodite	3,35 ^{ns}	4,17 ab	4,52 ab	4,67 ^{ns}
URS Taura	3,28	4,52 a	5,03 a	4,37
URS Altiva	3,21	4,14 abc	4,47 ab	4,39
Brisasul	3,03	3,90 abc	4,52 ab	4,62
URS Brava	2,94	3,52 bc	3,46 c	3,27
FAEM 4 Carlasul	2,94	3,61 abc	4,04 bc	3,91
UPFA Gauderia	2,87	3,87 abc	4,08 bc	4,18
FAEM 5 Chiarasul	2,53	3,24 c	3,59 c	3,77
Média ± DP	3,02 ± 0,41	3,87 ± 0,52	4,21 ± 0,60	4,15 ± 0,60
CV (%)	10,25	7,75	6,59	10,04

*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Constatou-se que os caracteres de colmo se associaram com o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, com correlação positiva para o diâmetro interno dos três primeiros entrenós basais do colmo e com o segundo e terceiro diâmetro externo dos entrenós basais do colmo (Tabela 5). Em estudos com trigo, foi observada correlação positiva do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento com a resistência ao acamamento, avaliado de forma visual (CRUZ et al., 2001).

Assim, os resultados obtidos permitiram associar as medidas de diâmetro interno e externo do colmo com a resistência do mesmo ao acamamento das cultivares avaliadas, com destaque para cv. URS Taura que apresentou o maior diâmetro interno e externo, comparativamente as demais cultivares. O comprimento de planta não apresentou correlação significativa com os índices de avaliação da resistência ao acamamento, indicando que esse caractere, através do trabalho do melhoramento genético na cultura da aveia-branca possa ter atingido o platô.

Tabela 5 – Coeficiente de correlação entre os caracteres morfológicos de colmo e índices associadas à resistência ao acamamento, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

	MVC	cLr	TTC	IC	DI1	DI2	DI3	DE2	DE3	CE2	CE3	COMP
MVC	1											
cLr	0,55	1										
TTC	0,80*	0,80*	1									
IC	-0,07	0,43	0,13	1								
DI1	0,69	0,76*	0,85**	0,55	1							
DI2	0,77*	0,94**	0,92**	0,37	0,90**	1						
DI3	0,68	0,94**	0,86**	0,31	0,79*	0,93**	1					
DE2	0,86**	0,88**	0,85**	0,23	0,81*	0,96**	0,87**	1				
DE3	0,79*	0,81*	0,77*	0,23	0,75*	0,86**	0,94**	0,87**	1			
CE2	0,36	0,26	0,52	-0,07	0,42	0,41	0,11	0,41	-0,04	1		
CE3	0,24	0,31	0,46	-0,31	0,18	0,35	0,14	0,36	-0,06	0,89**	1	
COMP	0,65	-0,16	0,37	-0,45	0,24	0,16	-0,03	0,26	0,09	0,55	0,36	1
MSP	-0,02	-0,57	-0,60	-0,10	-0,38	-0,46	-0,53	-0,26	-0,24	-0,34	-0,50	0,21

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de t.

MVC: matéria verde de colmo; cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; TTC: teste de tensão de colmo; IC: índice do colmo; DI1, DI2, DI3: diâmetro interno dos três primeiros entrenós basais do colmo principal; DE2 e DE3: diâmetro externo do segundo e terceiro entrenó basal do colmo principal; CE2 e CE3: comprimento do segundo e terceiro entrenó basal do colmo principal; COMP: comprimento de planta; MSP: matéria seca de panícula.

O coeficiente de resistência do colmo ao acamamento foi considerado neste trabalho o principal índice para aferir a resistência entre as cultivares estudadas. É preditor da força que o colmo pode suportar até o momento de flexão (GRAFIUS; BROWN, 1954; KASHIWAGI et al., 2007); e possibilita identificar mais precocemente genótipos superiores, em gerações segregantes, cultivares resistentes ao acamamento, de forma menos destrutiva em plantas individuais e na seleção de genótipos superiores (CRUZ et al., 2001).

Esse coeficiente diferiu entre as cultivares de aveia-branca ($p < 0,05$). O grupo constituído pelas cultivares URS Taura, IPR Afrodite e URS Altiva com maior resistência ao acamamento, enquanto que as de menor resistência foram URS Brava, FAEM 4 Carlasul e FAEM 5 Chiarasul e UPFA Gaudéria (Tabela 6). UPFA Gaudéria, embora com maior comprimento (Figura 9) mostrou resistência intermediária ao

acamamento. O menor comprimento de planta foi observado para a cv. FAEM 5 Chiarasul, bem como a menor resistência de colmo ao acamamento, de acordo com o coeficiente de resistência do colmo. Os resultados do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento corroboram com os achados de Brunava e Alsina (2014), que consideram falso o conceito de que “cultivares com estatura maior são mais propícias ao acamamento”.

Tabela 6 – Índices de avaliação da resistência do colmo ao acamamento e tipo de acamamento de planta em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

Cultivares	cLr (g/cm)	TTC (N)	IC (%)	TA
URS Taura	0,34 a	1,55 a	7,07 ab	0,92 ^{ns}
IPR Afrodite	0,27 ab	1,13 ab	8,07 a	0,97
URS Altiva	0,26 abc	1,28 a	6,30 bc	0,98
Brisasul	0,25 bc	1,29 a	5,57 bc	0,70
UPFA Gaudéria	0,22 bc	1,08 ab	4,77 c	1,18
FAEM 5 Chiarasul	0,18 c	0,46 b	6,40 b	0,80
FAEM 4 Carlasul	0,18 c	0,97 ab	6,00 bc	0,79
URS Brava	0,17 c	0,96 ab	6,33 b	0,86
Média ± DP	0,23±0,06	1,09±0,39	6,31±1,05	0,90±0,26
CV (%)	13,27	23,39	4,46	29,48

*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; TTC: teste de tensão do colmo; IC: índice de colmo; TA: tipo de acamamento.

Uma metodologia alternativa ao coeficiente de resistência do colmo ao acamamento foi utilizada neste trabalho como a finalidade de avaliar a força do colmo, em teste denominado de tensão do colmo que afere a força necessária para inclinar o colmo principal até um ângulo de 45° em relação à posição vertical (CRUZ et al., 2001). URS Taura, URS Altiva e Brisasul apresentaram maior resistência à inclinação do colmo, de modo similar aos resultados obtidos para o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (Tabela 6). Obteve-se correlação positiva alta entre o teste de

tensão do colmo e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (Tabela 5). Uma vez que o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento é o índice mais utilizado em pesquisas nas mais diversas culturas (GRAFIUS; BROWN, 1954; CRUZ et al, 2001; OKUNO et al., 2014), a correlação encontrada indica o teste de tensão do colmo como uma metodologia alternativa para aferição de resistência do colmo ao acamamento. O teste de tensão do colmo se correlacionou com o diâmetro interno dos três primeiros entrenós basais e externo do segundo e terceiro entrenó (Tabela 5).

Com base nas correlações obtidas, os resultados permitem afirmar que o teste de tensão do colmo é uma alternativa confiável para a identificação de genótipos superiores visando à resistência ao acamamento em aveia-branca. Os resultados do presente estudo contrastam com os obtidos por Watanabe (1997) e Cruz et al. (2001), nos quais o teste de tensão do colmo foi considerado uma ferramenta secundária em comparação ao coeficiente de resistência do colmo ao acamamento na seleção indireta de plantas. Considerando os dados aqui obtidos, o teste de tensão do colmo pode ser usado como adicional na seleção de genótipos superiores em relação à resistência ao acamamento, concomitantemente com o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento.

Além dos dois índices utilizados para aferir a resistência do colmo ao acamamento, foi calculado o índice de colmo que avalia indiretamente a resistência ao acamamento (Tabela 6). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para o índice do colmo. As cv. IPR Afrodite e URS Taura mostraram os maiores valores para a variável em questão, indicando indiretamente maior resistência ao acamamento. Já a cv. UPFA Gaudéria apresentou o menor índice de colmo. De acordo com Cruz et al., (2001) esse índice correlaciona-se com a resistência ao acamamento, podendo ser utilizado como um parâmetro confiável para a seleção de genótipos superiores para esse propósito. Porém, com base nos resultados obtidos, não houve correlação entre o índice do colmo e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, bem como o diâmetro interno e externo dos entrenós estudados (Tabela 5). O emprego dessa metodologia deve ser melhor explorado na cultura da aveia-branca.

Grafius e Brown (1954) de acordo com a curvatura do colmo definiram, os três tipos de acamamento em aveia-branca; do tombamento basal (“root lodging”) em que “a” é o valor referente ao comprimento de planta, independentemente do ângulo de tombamento. Esse tipo de acamamento é caracterizado pela ruptura total ou parcial do colmo na região da coroa da planta. O segundo tipo de acamamento refere-se ao tombamento uniforme em um segmento ao longo do comprimento do colmo, em que “a” será sempre inferior ao comprimento, pois, o colmo se curva, não abruptamente, no segmento entre a região basal e a apical. Por último, o terceiro tipo de acamamento, denominado de tombamento apical (“buggy whip type”), também chamado tombamento “chicote”, que geralmente tomba sobre as demais plantas. Nessa abordagem, a cv. UPFA Gaudéria apresentou acamamento basal, pois os valores foram próximos aos valores do comprimento de planta; as demais cultivares apresentaram acamamento do segundo tipo, como já mencionado, é caracterizado por uma curvatura intermediária entre as regiões basais e apicais da planta (Tabela 6). O tipo de acamamento apical não foi observado nas cultivares de aveia-branca estudadas.

As estimativas da contribuição relativa dos caracteres morfológicos e os índices de colmo para a dissimilaridade genética entre as oito cultivares de aveia-branca foram avaliadas pelo método de Singh (1981) e estão apresentadas na Tabela 7. Os caracteres que mais contribuíram para divergência genética foram o comprimento do segundo entrenó do colmo, teste de tensão do colmo, matéria seca de panícula, comprimento de planta e o diâmetro interno do segundo entrenó do colmo, totalizando 86,17% da divergência genética entre as cultivares de aveia-branca. De outro modo, os caracteres de menor contribuição para a dissimilaridade genética foram o índice do colmo, diâmetro interno do primeiro e terceiro entrenó do colmo, matéria verde de colmo, diâmetro externo do terceiro entrenó do colmo, o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, diâmetro externo do segundo entrenó do colmo e o comprimento do terceiro entrenó do colmo.

Conhecer a influência dos principais caracteres para divergência genética entre cultivares é fundamental, pois esses caracteres irão direcionar os estudos em torno do melhoramento genético (DOTTO et al., 2010). O método de Singh (1981), além de

indicar o caractere que possui maior importância para dissimilaridade genética, é eficaz em direcionar as variáveis aptas de descarte.

Tabela 7 – Contribuição relativa dos caracteres de colmo para a dissimilaridade genética (CRCDG), entre oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento, em ordem decrescente de importância pelo método de Singh (1981), com base nos valores de Sj. Passo Fundo, 2018

Caractere ¹	Sj	CRCDG (%)
CE2	5551,627732	28,6991
TTC	3625,140499	18,7401
MSP	3572,838529	18,4698
COMP	1962,699914	10,1462
DI2	1956,549738	10,1144
IC	858,564801	4,4383
DI1	558,215299	2,8857
DI3	530,185861	2,7408
MVC	450,519019	2,329
DE3	277,918165	1,4367
cLr	0,0	0,00
DE2	0,0	0,00
CE3	0,0	0,00

¹CE2: comprimento do segundo entrenó do colmo principal; TTC: teste de tensão de colmo; MSP: matéria seca de panícula; COMP: comprimento de planta; DI2: diâmetro interno do segundo entrenó basal do colmo principal; IC: índice de colmo; DI1: diâmetro interno do primeiro entrenó basal do colmo principal; DI3: diâmetro interno do terceiro entrenó basal do colmo principal; MVC: matéria verde de colmo; DE3: diâmetro externo do terceiro entrenó do colmo principal; cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; DE2: diâmetro externo do segundo entrenó do colmo principal; CE3: comprimento do terceiro entrenó do colmo principal.

Procederam-se dois tipos de agrupamentos, de acordo com o método. A análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher (Tabela 8) mostrou a formação de três grupos, com maior concentração de acessos no grupo I (75%). Sendo que, esse tipo de distribuição retrata a similaridade elevada entre genótipos (KAUR et al., 2018).

Tabela 8 – Composição dos grupos formados pelo método de otimização de Tocher em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento, com base na matriz de distâncias de Mahalanobis (D^2). Passo Fundo, 2018

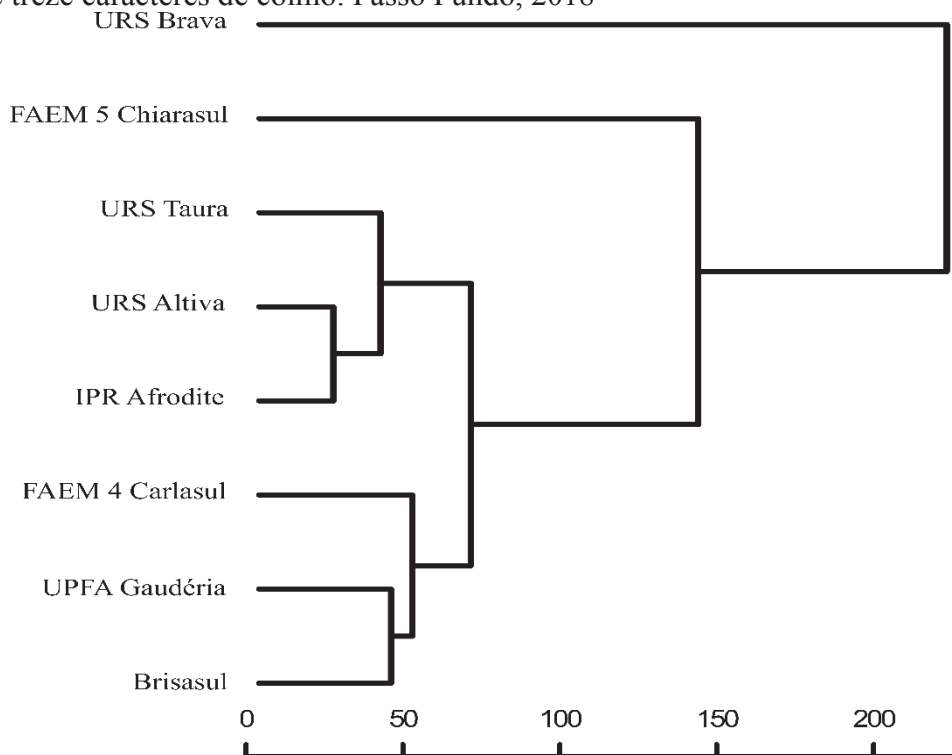
Grupo	Cultivares
I	URS Altiva; URS Taura; Brisasul; IPR Afrodite; FAEM 4 Carlasul; UPFA Gaudéria
II	URS Brava
III	FAEM 5 Chiarasul

Através dos métodos hierárquicos consegue-se ilustrar a formação de grupos mediante dendrograma (Figura 12). A matriz de distância de Mahalanobis (dados não mostrados) revelou elevada amplitude nessa medida de dissimilaridade, entre 37,04 a 1356,58. As cvs. FAEM 5 Chiarasul e URS Brava foram as mais dissimilares ($D^2 = 2356,58$), já as cvs. URS Altiva e URS Taura foram as mais similares ($D^2 = 37,04$). Cultivares mais distantes podem ser analisadas como prósperos parentais em futuros cruzamentos (GUEDES et al., 2013).

O método de agrupamento UPGMA, utiliza as médias das distâncias entre todos os pares de cultivares para a formação de cada grupo. No presente estudo, permitiu a formação de três grupos distintos, os quais foram: grupo 1 (URS Altiva; URS Taura; Brisasul; IPR Afrodite; FAEM 4 Carlasul; UPFA Gaudéria); grupo 2 (URS Brava); grupo 3 (FAEM 5 Chiarasul). O coeficiente de correlação cofenético, que estima a representatividade de dados da matriz de dissimilaridade do dendrograma revelou magnitude de 0,74, o que indica que os dados da matriz apresentaram ajuste satisfatório na representação gráfica apresentada pelo dendrograma (Figura 12). O índice de correlação cofenética, ao ser maior que 0,70, indica a adequação do método à matriz de dissimilaridade adotada (STRECK et al., 2017). No dendrograma (Figura 12), o grupo 1 foi formado por seis cultivares devido ao intermediário comprimento do segundo entrenó do colmo (média = 15,30 cm), a maior força de colmo pelo teste de tensão do colmo (média = 1,20 N), ao intermediário peso de panícula (média = 1,08 g) e comprimento de planta (média = 116,55 cm), e ao maior diâmetro interno do segundo entrenó do colmo (média = 4,06 mm) em relação aos grupos 2 e 3.

Neste estudo, o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento foi utilizado como principal parâmetro para prever a força física que o colmo pode suportar. Apesar de apresentar baixa contribuição relativa para divergência genética (Tabela 7), entre as oito cultivares de aveia-branca estudadas, o grupo 1 apresentou valor médio superior em relação aos grupos 2 e 3, com 0,25 g/cm, 0,17 g/cm e 0,18 g/cm, respectivamente.

Figura 12 - Dendrograma de dissimilaridade genética entre oito cultivares de aveia-branca obtido pelo método UPGMA, com base na matriz de distância de Mahalanobis (D) de treze caracteres de colmo. Passo Fundo, 2018



Devido à complexidade do acamamento, a utilização de distintas metodologias, permite maior eficiência no processo de seleção de genótipos superiores em termos de resistência ao acamamento. A partir dos caracteres morfológicos avaliados neste estudo, destaca-se o comprimento do pedúnculo com maior participação no comprimento de

planta entre as cultivares de aveia-branca estudadas. Esse caractere pode ser melhor explorado na escolha de genitores contrastantes em cruzamentos artificiais e na seleção indireta com vistas à resistência ao acamamento. O comprimento de planta apresentou variação intermediária entre cultivares. Com referência ao comprimento dos entrenós não houve correlação com os índices utilizados para mensuração da resistência ao acamamento. Possivelmente esse caractere, juntamente com o comprimento de planta, podem não estar relacionados com a maior resistência ao acamamento, devido as cultivares modernas já terem atingido um platô para esses caracteres. Com base no diâmetro interno e externo dos entrenós do colmo, houve variabilidade entre as cultivares estudadas. Esses caracteres podem ser explorados na identificação de genitores e na seleção indireta visando à resistência ao acamamento. No conjunto dessas informações que consideramos abrangentes, as cultivares URS Taura e IPR Afrodite demonstraram ser fontes de resistência ao acamamento em aveia-branca. Por apresentarem, principalmente, menor comprimento de pedúnculo, maior diâmetro interno e externo dos três entrenós basais do colmo principal, maior resistência do colmo ao acamamento e força de colmo através do teste de tensão do colmo.

4.1.1 Caracteres anatômicos e químicos de colmo

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares para 10 de 11 caracteres estudados. De imediato, isto indica a presença de variabilidade genética entre as cultivares de aveia-branca, possibilitando a inclusão dos referidos caracteres nos estudos de dissimilaridade genética. Os coeficientes de variação foram baixos, demonstrando erro experimental aceitável e, conseqüentemente, maior confiabilidade nos resultados (Tabela 9).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância para os caracteres estudados, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

Fontes de variação	GL	Quadrado médio						
		FDN	FDA	HEMI	LIG	EFVI	EFVE	FVE
Bloco	2	24,54	65,86	10,18	0,01	1298,73	234,97	568,90
Cultivar	7	38,47*	104,18*	28,25*	2,58*	8682,24*	559,38 ^{ns}	4141,19*
Resíduo	14	8,16	6,73	4,07	0,18	1156,55	275,06	984,78
Média	-	69,23	40,42	28,81	6,38	284,02	158,21	468,95
CV (%)	-	4,13	6,42	7,00	6,59	11,97	10,48	6,69

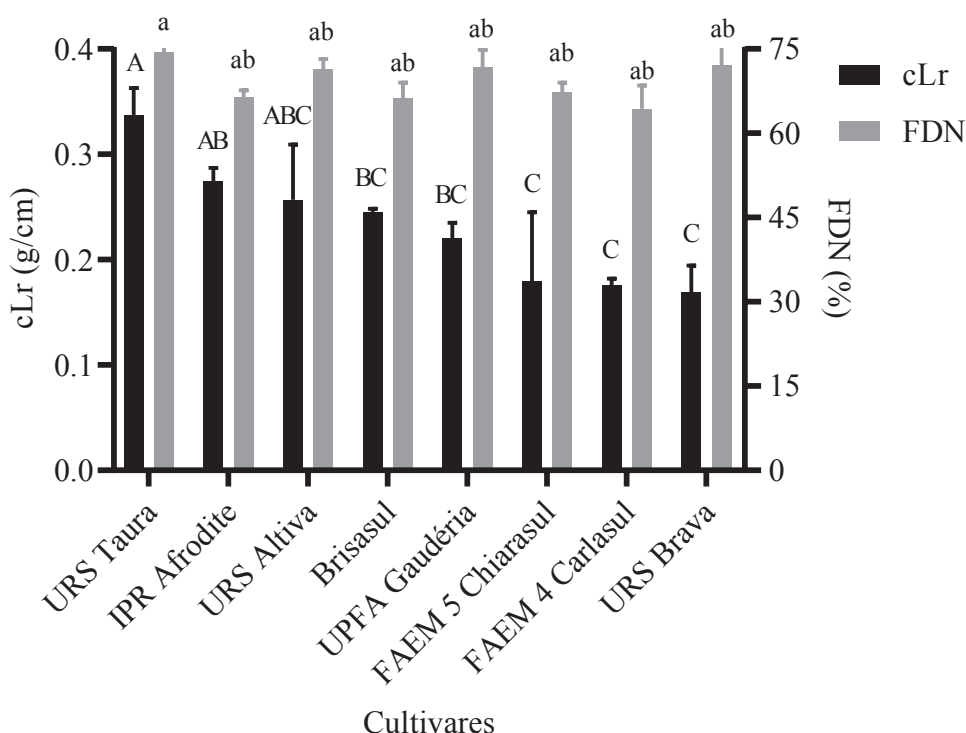
Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		PAR	FVI	ESC	cLr
Bloco	2	116805,62	4435,91	100026,47	0,00
Cultivar	7	1308605,02*	162244,90*	1418488,03*	0,01*
Resíduo	14	60842,66	4714,18	49891,42	0,00
Média	-	1786,95	1244,90	2278,00	0,23
CV (%)	-	13,80	5,52	9,81	13,27

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns}= não significativo.

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEMI: hemicelulose; LIG: lignina; EFVI: comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular interno; EFVE: comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular externo; FVE: feixe vascular externo; PAR: parênquima; FVI: feixe vascular interno; ESC: esclerênquima até a cavidade medular; cLr: coeficiente de resistência de colmo ao acamamento.

O coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, foi o índice utilizado para determinar a resistência entre as cultivares (Figura 13, 14 e 15). Esse índice é preditor da força que o colmo pode suportar até o momento da flexão (GRAFIUS; BROWN, 1954; KASHIWAGI et al., 2007). Ao longo dos anos, estudos com aveia, trigo e arroz vêm demonstrando a confiabilidade do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento como meio de avaliação indireta ao acamamento (NORDEN; FREY, 1959; CRUZ et al., 2001; CRUZ et al., 2004; HIRANO et al., 2017). Para esse índice, a maior resistência de colmo ao acamamento foi demonstrada pela cv. URS Taura (0,34 g/cm); já, a menor resistência foi observada nas cvs. FAEM 4 Carlasul (0,18 g/cm), FAEM 5 Chiarasul (0,18 g/cm) e URS Brava (0,17 g/cm).

Figura 13 – Carboidratos estruturais (celulose+hemicelulose+lignina) através de FDN de pedúnculo e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

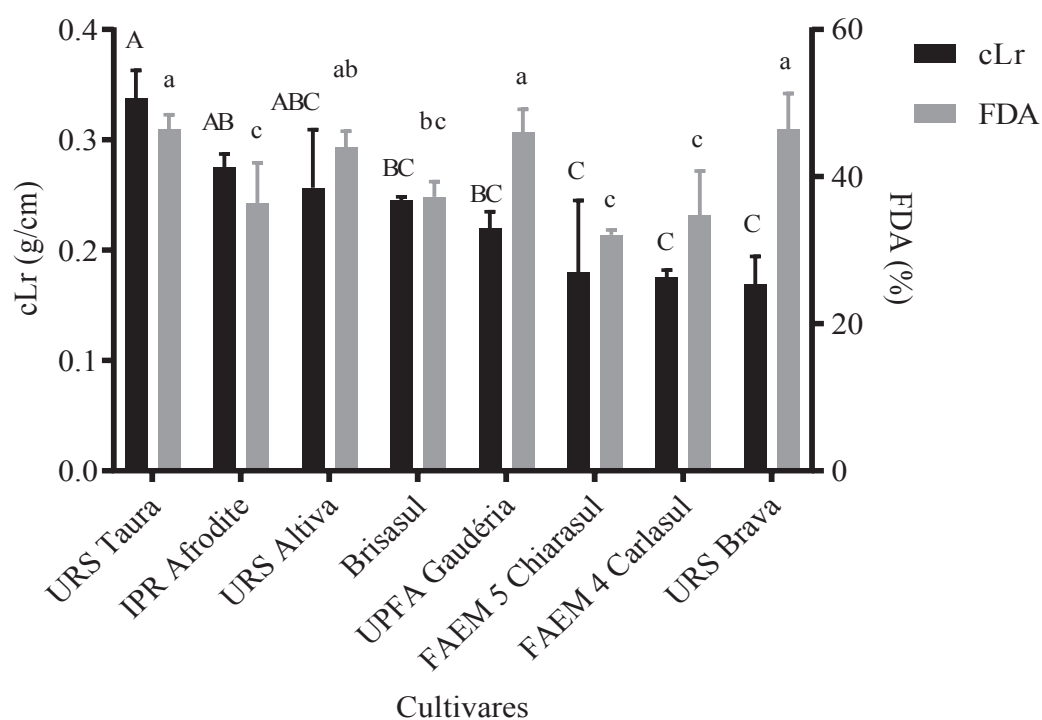


*cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; FDN: fibra em detergente neutro.

Existem diversos métodos analíticos para a medição de componentes específicos da parede celular (JUNG, 1997). Os carboidratos estruturais são constituídos de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). O FDN por sua vez compreende a fração composta de celulose + hemicelulose + lignina (Figura 13); o FDA é composto por celulose + lignina (Figura 14) (VAN SOEST, 1991). Já a hemicelulose é obtida a partir da diferença das frações de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Nesse sentido, a cv. URS Taura apresentou maior resistência em relação às demais cultivares, bem como maior teor de carboidratos estruturais da parede celular (FDN e FDA), com 74,45 e 46,41% (Figura 13 e 14), respectivamente. Para esses componentes estruturais da parede celular, os menores teores foram obtidos para as cvs. FAEM 4 Carlasul e FAEM 5 Chiarasul, 64,33% e 31,10%, respectivamente. Ambas cultivares, FAEM 4 Carlasul e FAEM 5 Chiarasul, apresentaram baixa

resistência ao acamamento (0,18 g/cm). Os componentes estruturais da parede celular do pedúnculo demonstraram ser parâmetros para identificação de genótipos quanto à resistência ao acamamento.

Figura 14 – Carboidratos estruturais (celulose+lignina) através da fibra em detergente ácido de pedúnculo e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

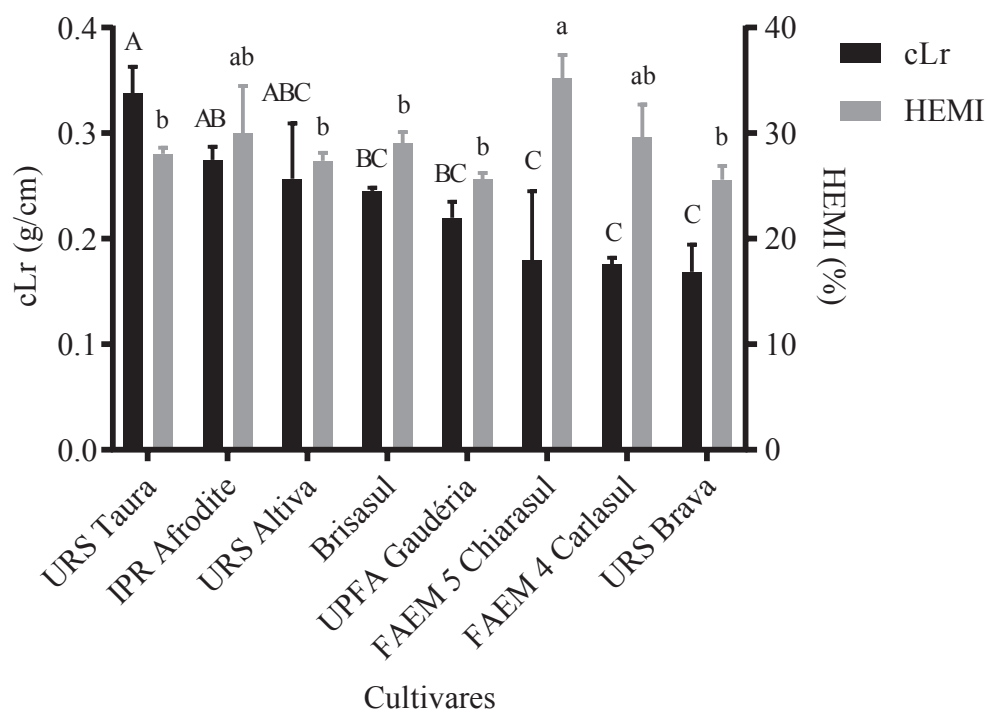


*cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; FDA: fibra em detergente ácido.

Para o caractere hemicelulose não foi observada a mesma tendência da cv. URS Taura (Figura 15). A cultivar FAEM 5 Chiarasul apresentou teores mais altos para este caractere (35,20%), além de baixa resistência ao acamamento. O menor teor desse caractere foi obtido com URS Brava (25,58%), concomitante com o menor coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (0,17 g/cm). A composição bromatológica do

colmo, é formada por carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose, lignina) que desempenham um papel significativo na resistência do colmo ao acamamento, por constituir a parede celular dos vegetais (WANG et al., 2006; KONG et al., 2013). Em trigo, os maiores teores de lignina e hemicelulose, aumentaram à resistência do colmo e, conseqüentemente ao acamamento, enquanto que a redução significativa desses componentes bromatológicos elevou o índice de acamamento (BERRY et al., 2003). De forma contraditória do que foi obtido nesse estudo, onde os teores de hemicelulose (Figura 15) e lignina (Figura 16) foram superiores para a cv. FAEM 5 Carlasul e o seu coeficiente de resistência do colmo ao acamamento foi inferior às demais cultivares.

Figura 15 – Hemicelulose de pedúnculo e coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018

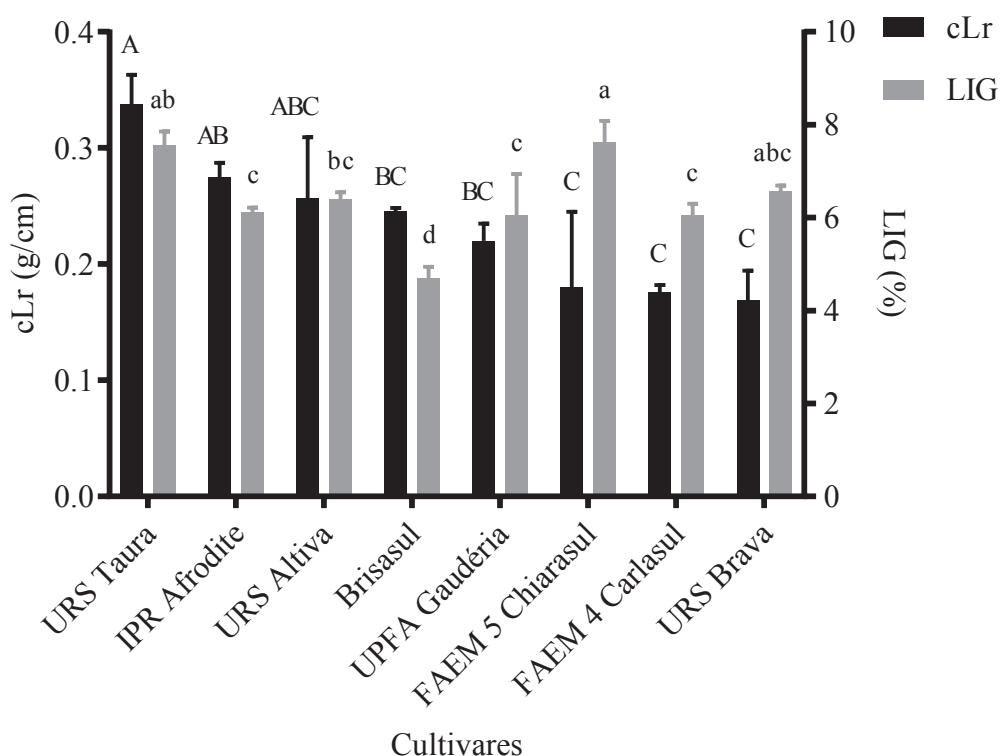


*cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; HEMI: hemicelulose.

Para a lignina (Figura 16), as cultivares FAEM 5 Chiarasul, URS Taura e URS Brava apresentaram os maiores teores com valores de 7,61%, 7,55% e 6,56%, respectivamente; já, o menor valor foi obtido para a cultivar Brisasul (4,70%). O teor de lignina apresentou correlação negativa com o comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular interno (Tabela 10). Em estudo com trigo, a lignina foi correlacionada fortemente com o diâmetro de colmo ($r= 0,98^{**}$), com a espessura da parede do colmo ($r= 0,98^{**}$) e o índice de resistência ao acamamento do colmo ($r= 0,93^{**}$) (KAMRAN et al., 2018). O teor de lignina está correlacionado com a resistência ao acamamento, pois fornece rigidez e suporte mecânico determinando a força física do colmo; teores baixos desses componentes o fragilizam (BERRY et al., 2003; OOKAWA et al., 2014; DORAIRAJ; ISMAIL, 2017). A correlação entre a força do colmo e de lignina, sugere que genótipos com acúmulo maior de lignina podem ser utilizados em programas de melhoramento genético, a fim de desenvolver cultivares mais resistentes ao acamamento (PENG et al., 2014; SHAH et al., 2017).

Porém, no presente estudo os maiores teores de lignina não demonstraram associação com o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (Figura 16). Ressalta-se que o componente morfológico estudado foi o pedúnculo, sendo assim, o resultado encontrado pode ter sido afetado pela escolha do componente morfológico avaliado.

Figura 16 – Teor de lignina de pedúnculo e coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018



*cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; LIG: lignina.

Tendo como parâmetro o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, os resultados obtidos corroboram com um estudo conduzido em arroz, em que nem sempre o maior coeficiente de resistência de colmo ao acamamento foi obtido em cultivares com maior teor de lignina (OKUNO et al., 2014). Ademais, em outro estudo, com cevada, foi demonstrado que a lignina e hemicelulose podem, também, não estar associadas à resistência ao acamamento (STANCA et al., 1979). De acordo com Ma (2009) a função da lignina e celulose na resistência ao acamamento ainda não são consistentes para uso na seleção indireta visando a resistência ao acamamento.

As correlações entre as características avaliadas são apresentadas na Tabela 10. Dentre os caracteres avaliados, apenas o feixe vascular interno evidenciou coeficiente

de correlação significativo com o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (Tabela 10). Em trabalho com cevada e trigo não foi evidenciada a presença de correlação de número de feixes vasculares de entrenós basais e a resistência ao acamamento (STANCA et al., 1979; ZUBER et al., 1999; KONG et al., 2013). Também em trigo foram evidenciadas que grandes proporções de tecido esclerenquimático estão correlacionadas à resistência ao acamamento (WANG et al., 2006). Mais recentemente, em arroz, houve correlação positiva entre feixes vasculares internos e externos e a resistência ao acamamento (ZHANG et al., 2016).

Diferenças em correlações entre caracteres podem ser atribuídas à variabilidade entre as cultivares utilizadas. Portanto, para cada conjunto de cultivares deve-se eleger uma estratégia de seleção adequada (LÚCIO et al., 2013). Os teores fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido são associados aos teores de fibra presentes no colmo (VAN SOEST et al. 1991). Das relações estudadas, apenas a fibra em detergente ácido correlacionou-se negativamente a hemicelulose (Tabela 10).

Tabela 10 – Coeficiente de correlação entre caracteres anatômicos, carboidratos estruturais de pedúnculo e coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018.

	FDN	FDA	HEMI	LIG	EFVI	FVE	FVI	PAR	ESC
FDN	1								
FDA	0,90**	1							
HEMI	-0,57	-0,87**	1						
LIG	0,46	0,11	0,33	1					
EFVI	-0,21	0,00	-0,25	-0,78**	1				
FVE	0,01	-0,19	0,37	0,53	-0,11	1			
FVI	0,22	0,19	-0,11	0,05	0,53	0,68	1		
PAR	0,06	0,25	-0,41	-0,59	0,88**	-0,04	0,59	1	
ESC	0,12	0,30	-0,44	-0,55	0,87**	0,00	0,63	1,00**	1
cLr	0,42	0,34	-0,16	0,10	0,43	0,30	0,76*	0,35	0,40

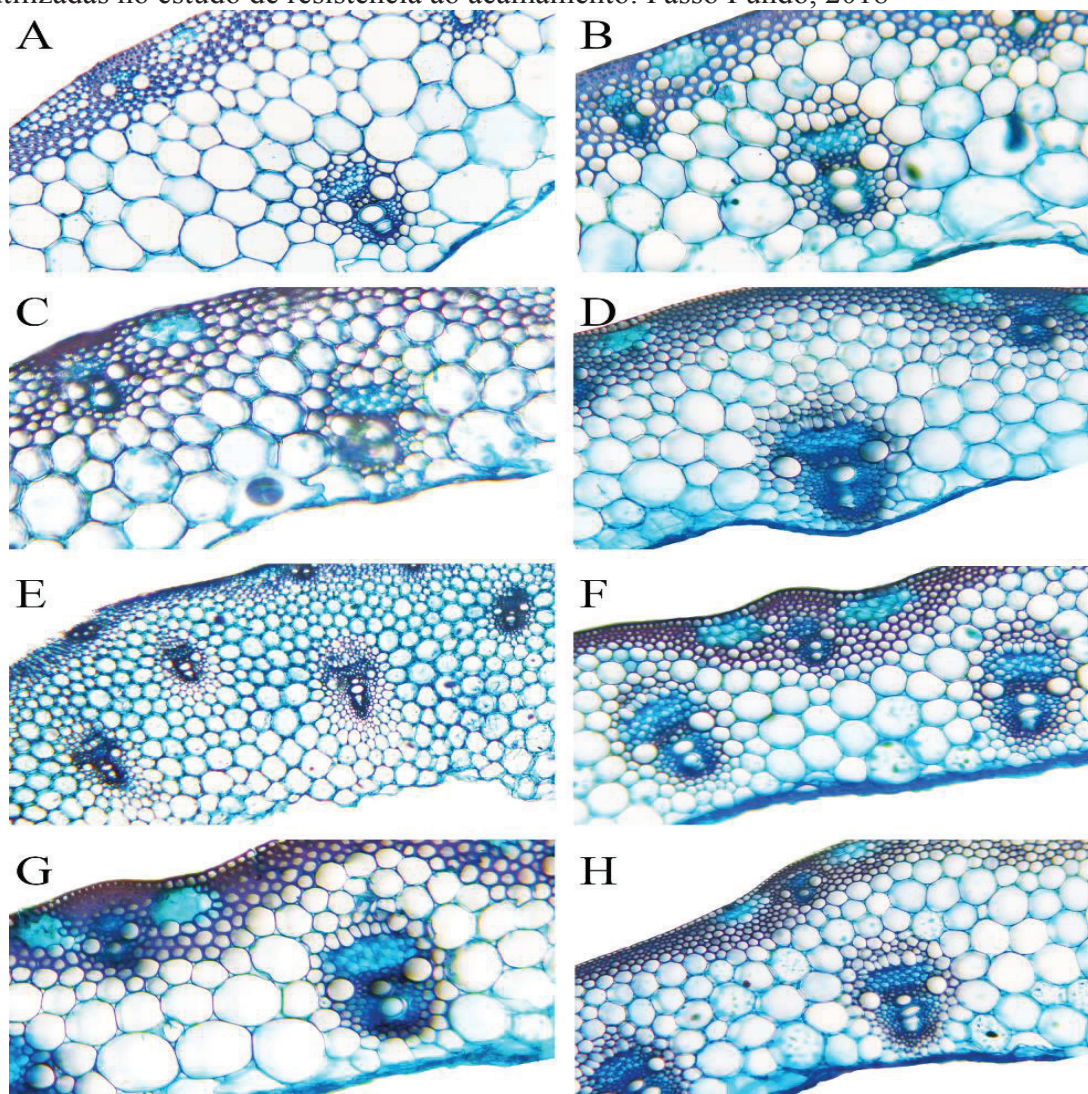
** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de t.

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEMI: hemicelulose; LIG: lignina; EFVI: comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular interno; EFVE: comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular externo; FVE: feixe vascular externo; PAR: parênquima; FVI: feixe

vascular interno; ESC: esclerênquima até a cavidade medular; cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento.

Com base nas correlações obtidas (Tabela 10), os feixes vasculares internos do pedúnculo são indicados para seleção indireta visando a resistência ao acamamento. Além disso, cultivares mais resistentes ao acamamento apresentaram maior comprimento de feixe vascular interno em relação as cultivares mais suscetíveis (Figura 17). Para esse caractere, as cultivares URS Taura, IPR Afrodite e UPFA Gaudéria apresentaram as maiores espessuras com valores de 1617,74 μm , 1443,94 μm e 1425,65 μm , respectivamente; já, a menor espessura dos feixes vasculares internos foi obtida pela cv. URS Brava (954,92 μm).

Figura 17 – Secção transversal do pedúnculo de oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento. Passo Fundo, 2018



A. Brisasul; B. FAEM 4 Carlasul; C. FAEM 5 Chiarasul; D. IPR Afrodite; E. UPFA Gaudéria; F. URS Altiva; G. URS Brava; H. URS Taura.

As estimativas da contribuição relativa dos caracteres anatômicos e bromatológicos de pedúnculo para a dissimilaridade genética entre as oito cultivares de aveia-branca foram avaliadas pelo método de Singh (1981) e estão apresentadas na Tabela 11. Os caracteres que mais contribuíram para divergência genética foram a fibra em detergente neutro e hemicelulose totalizando 89,37% da divergência genética entre as cultivares de aveia-branca. De outro modo, os caracteres de menor contribuição para

a dissimilaridade genética foram o esclerênquima, lignina, comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular interno, feixe vascular interno, coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, fibra em detergente ácido, feixe vascular externo e parênquima. A seleção de genótipos para cruzamentos com base somente na divergência genética, sem considerar seus caracteres de interesse, pode não ser uma estratégia eficiente em um programa de melhoramento genético (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2000). Sendo assim, além da dissimilaridade genética para identificação de genitores, o desempenho *per se* dos mesmos, em ambientes específicos, merece maior atenção (NARDINO et al., 2017).

Tabela 11 - Contribuição relativa dos caracteres para a dissimilaridade genética (CRCDG) em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento, em ordem decrescente de importância pelo método de Singh (1981), com base nos valores de Sj. Passo Fundo, 2018

Caractere ¹	Sj	CRCDG (%)
FDN	50984,686779	65,2184
HEMI	18881,301892	24,1525
ESC	3190,615401	4,0814
LIG	2601,765939	3,3281
EFVI	1819,553019	2,3275
FVI	560,472691	0,7169
cLr	136,885871	0,1751
FDA	0,0	0,00
FVE	0,0	0,00
PAR	0,0	0,00

¹ FDN: fibra em detergente neutro; HEMI: hemicelulose; ESC: esclerênquima até a cavidade medular; LIG: lignina; EFVI: comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular interno; FVI: feixe vascular interno; cLr: coeficiente de resistência do colmo ao acamamento; FDA: fibra em detergente ácido; FVE: feixe vascular externo; PAR: parênquima.

Procederam-se dois tipos de agrupamentos, de acordo com o método. A análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher (Tabela 12) mostrou a formação de dois grupos, com maior concentração de acessos no grupo I (75%). Esse tipo de distribuição retrata a similaridade elevada entre genótipos (KAUR et al., 2018).

Tabela 12 - Composição dos grupos formados pelo método de otimização de Tocher, em oito cultivares de aveia-branca utilizadas no estudo de resistência ao acamamento, com base na matriz de distâncias de Mahalanobis (D^2). Passo Fundo, 2018

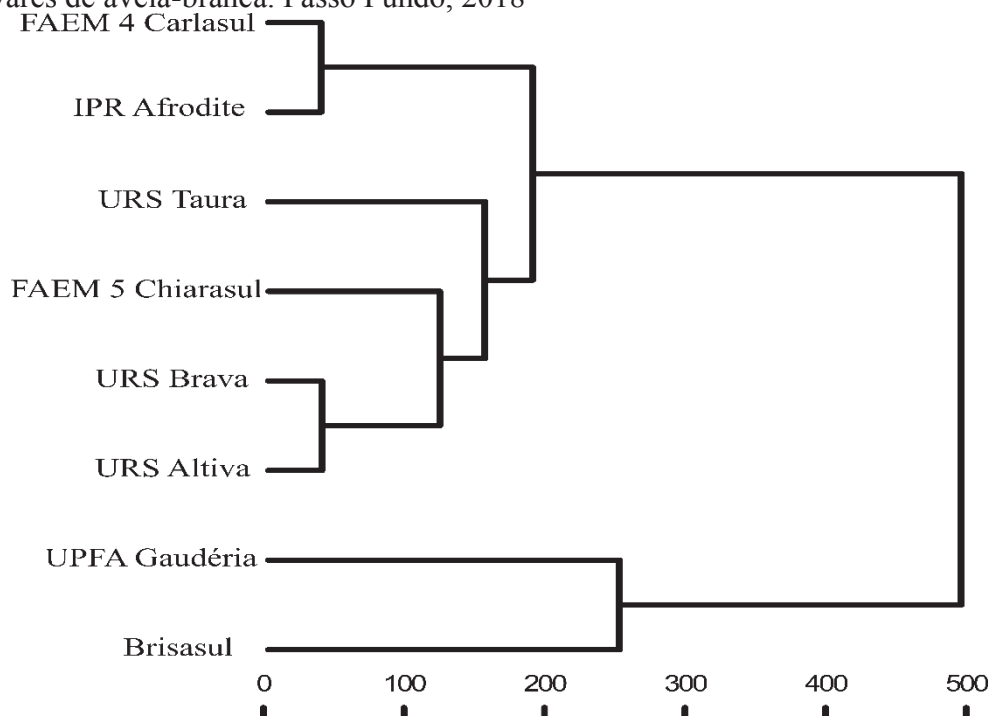
Grupo	Cultivares
I	FAEM 4 Carlasul; IPR Afrodite; URS Altiva; URS Brava; FAEM 5 Chiarasul; URS Taura
II	UPFA Gaudéria; Brisasul

Através dos métodos hierárquicos consegue-se ilustrar a formação de grupos mediante dendrograma (Figura 18). A matriz de distância de Mahalanobis (dados não mostrados) revelou elevada amplitude nessa medida de dissimilaridade, entre 37,17 a 949,37. As cvs. Brisasul e URS Taura foram as mais dissimilares ($D^2 = 949,37$), já as cvs. FAEM 4 Carlasul e IPR Afrodite foram as mais similares ($D^2 = 37,17$). O coeficiente de correlação cofenético, que estima a representatividade de dados da matriz de dissimilaridade do dendrograma revelou magnitude de 0,72, o que indica que os dados da matriz apresentaram ajuste satisfatório na representação gráfica apresentada pelo dendrograma (Figura 18). O índice de correlação cofenética, ao ser maior que 0,70, indica a adequação do método à matriz de dissimilaridade adotada (STRECK et al., 2017).

O método de agrupamento UPGMA, utiliza as médias das distâncias entre todos os pares de cultivares para a formação de cada grupo e permitiu a formação de dois grupos distintos, os quais foram: grupo 1 (FAEM 4 Carlasul; IPR Afrodite; URS Brava; URS Altiva; FAEM 5 Chiarasul; URS Taura); grupo 2 (UPFA Gaudéria; Brisasul). Ainda no dendrograma (Figura 18), o grupo 1 foi formado por seis cultivares devido aos maiores teores de fibra em detergente neutro (média = 69,32 %) e hemicelulose (média = 29,30 %) em relação ao grupo 2. Em relação aos caracteres de menor contribuição relativa (Tabela 11) o grupo 1 apresentou maior teor de lignina (média = 6,71 %), menor comprimento de esclerênquima sobre o feixe vascular interno (média = 261,47 μm) e feixe vascular interno (média = 1213,51 μm) em relação ao grupo 2.

A resistência ao acamamento foi mensurada através do coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, considerado como principal parâmetro para prever a força física que o colmo pode suportar. Apesar de apresentar baixa contribuição relativa para divergência genética (Tabela 11), entre as oito cultivares de aveia-branca estudadas, os grupos apresentaram o mesmo valor médio de 0,23 g/cm.

Figura 18 – Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, com base na distância de Mahalanobis (D^2) a partir de caracteres bromatológicos, anatômicos, e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento (cLr), de oito cultivares de aveia-branca. Passo Fundo, 2018



Investigações rápidas com base em caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de plantas são considerados frequentemente na literatura. Era esperado que cultivares com maior resistência do colmo ao acamamento apresentassem maiores teores dos componentes químicos, tais como fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e lignina, o que não foi observado para todas as

cultivares estudadas. Os componentes anatômicos, para cultivares com maior resistência do colmo ao acamamento apresentam maiores valores de esclerênquima sobre o feixe vascular interno e externo, feixe vascular interno e externo e esclerênquima em relação as cultivares mais suscetíveis ao acamamento. Nesse sentido, o número de feixes vasculares em combinação com o teor de lignina pode conferir a resistência ao acamamento (STANCA et al., 1979; KONG et al., 2013). Porém, alguns autores relatam que, em termos anatômicos, não foi encontrada nenhuma característica associada ao acamamento e, portanto, não sendo de interesse em programas de melhoramento genético para fins de seleção (KELBERT et al., 2004).

Assim considerando, a seleção de plantas, principalmente em cereais de inverno, com vistas à resistência ao acamamento, não deve ser feita com base apenas em caracteres anatômicos e de carboidratos estruturais de colmo. Além do mais, caracteres usados para seleção de genótipos superiores devem ser: 1) rápidos, fáceis e estáveis de medir; 2) fortemente herdáveis; e 3) estar fortemente correlacionados com a resistência ao acamamento (SHAH et al., 2017). Algumas características, possíveis de seleção foram estudadas nesse trabalho e podem ser utilizadas visando a identificação de genótipos superiores em termos de resistência ao acamamento.

Há variabilidade perceptível nas cultivares de aveia-branca estudadas para maioria dos caracteres de pedúnculo. Além de avaliações visuais do acamamento, o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento é o teste mais empregado, por ser prático e preditor da força que o colmo pode suportar. Por fim, os carboidratos estruturais de pedúnculo, nas duas maneiras exploradas no presente estudo, não demonstraram um resultado conciso para serem utilizados exclusivamente como caracteres de seleção de plantas visando a resistência ao acamamento. A correlação obtida entre o feixe vascular interno e o coeficiente de resistência do colmo ao acamamento permitiu confirmar que esse caractere pode ser utilizado na seleção indireta visando a resistência ao acamamento.

5 CONCLUSÃO

Há variabilidade quanto aos caracteres estudados, relacionados ao acamamento de planta em cultivares de aveia-branca de distintas reações ao acamamento.

O comprimento de planta não apresenta associação significativa com o acamamento, permitindo supor que, para esse caractere, devido ao trabalho do melhoramento genético ao longo dos anos, já tenha sido alcançado o platô. No entanto, dos caracteres morfológicos do colmo, o comprimento do pedúnculo e do quarto entrenó não apresentam redução proporcional ao ocorrido com o comprimento de planta. Esses caracteres apresentam maior participação no comprimento total de planta e, juntamente com o diâmetro interno e externo dos três primeiros entrenós basais, são indicados para seleção indireta visando à resistência ao acamamento.

Em relação aos caracteres anatômicos, os feixes vasculares internos estão associados com a resistência ao acamamento, permitindo identificá-los como possível caractere de seleção de plantas. Para os carboidratos estruturais do colmo, não há associação significativa com a resistência ao acamamento, permitindo aferir que esses caracteres não devem ser considerados na seleção indireta visando a resistência ao acamamento.

São sugeridos índices para melhorar a seleção de genótipos visando à resistência ao acamamento. O coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, por ser um índice mundialmente empregado deve ser adotado no processo de seleção, bem como o teste de tensão do colmo. Ambos os índices podem ser utilizados em gerações segregantes, principalmente por não serem destrutivos. Já, o índice do colmo não apresenta associação com os demais métodos utilizados, sendo assim, para cultura da aveia-branca esse índice deve ser revisto e sugeridas alterações.

A correlação obtida entre o peso da panícula e resistência ao acamamento foi intermediária e não significativa, demonstrando a menor importância em um programa de melhoramento de plantas, quando o objetivo for a resistência ao acamamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática do acamamento em cereais de inverno chama atenção de melhoristas em razão à gravidade de danos causados às plantas com reflexos diretos no rendimento, na qualidade dos grãos e sementes, e, concomitantemente, por dificultar a colheita. Muitos estudos foram desenvolvidos ao longo das décadas, nas mais diversas culturas, procurando identificar caracteres associados à resistência ao acamamento para fins de seleção de genótipos superiores. Concomitantemente a esses estudos, várias técnicas e metodologias foram propostas com o intuito de aumentar a eficiência de seleção, através de índices e coeficientes mais precisos, do que somente a avaliação visual, comumente utilizada. A obtenção da resistência genética ao acamamento via cultivares é a maneira mais viável econômica e ambientalmente sustentável para o produtor de aveia, tanto para uso como forrageira como para produção de grãos.

No presente trabalho foram avaliados um número expressivo de caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de colmo em oito cultivares de aveia-branca, que poderiam estar relacionados ao acamamento, e testados alguns índices que possibilitassem maior precisão e objetividade na seleção de novas linhagens com resistência a este fator. Além desses, o tipo de acamamento também foi estudado nas oito cultivares de aveia-branca.

Sendo assim, considerando os resultados obtidos no experimento, os caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais correlacionados com o acamamento permitiram concluir, que este é um fenômeno complexo de explicar, principalmente através caracteres intrínsecos da cultivar, de forma isolada. Contudo, alguns caracteres morfológicos de colmo, por apresentarem correlação com o acamamento, podem ser objetos de estudos genéticos de herdabilidade, a partir de cruzamentos entre parentais contrastantes, na seleção de marcadores moleculares em linhas puras e na seleção indireta visando à resistência ao acamamento.

Em contrapartida, os caracteres anatômicos e carboidratos estruturais de colmo demonstram ser de fraca associação com o acamamento, permitindo considerar que a seleção não deve ser baseada apenas em caracteres anatômicos e/ou carboidratos estruturais, ou ainda em ambos. Além disso, a obtenção dos resultados para esses caracteres é mais laboriosa, quando comparados aos caracteres morfológicos.

As cultivares de aveia-branca apresentaram apenas dois tipos de acamamento: a UPFA Gaudéria apresentou o tombamento basal, e as demais cultivares (FAEM 4 Carlasul, URS Brava, Brisasul, URS Altiva, URS Taura e IPR Afrodite), o tombamento uniforme. O acamamento apical, não foi observado nas cultivares de aveia-branca aqui estudadas. Permitindo inferir que a cultura da aveia-branca, principalmente em cultivares modernas, apresenta somente dois tipos de acamamento de acordo com a curvatura do colmo.

O coeficiente de resistência do colmo ao acamamento, conhecido internacionalmente por cLr , e o teste de tensão do colmo são índices eficientes para seleção, e devem ser empregados como práticas rotineiras em programas de melhoramento, quando o objetivo da seleção for a resistência ao acamamento.

Foram mensuradas as dissimilaridades genéticas entre as oito cultivares de aveia-branca estudadas, permitindo assim, verificar que há variabilidade genética para os caracteres estudados nas cultivares de *Avena sativa* L. Nesse sentido, as cultivares URS Taura e IPR Afrodite demonstraram ser fontes de resistência ao acamamento em aveia-branca. Por apresentarem, principalmente, menor comprimento de pedúnculo, maior diâmetro interno e externo dos três entrenós basais do colmo principal, maior resistência do colmo ao acamamento e força de colmo através do teste de tensão do colmo.

A resistência ao acamamento na cultura da aveia-branca é um caracter complexo, o qual não pode ser explicado completamente com base em caracteres morfológicos, anatômicos e carboidratos estruturais de colmo, sendo recomendado incluir outras características, como estudos de processos fisiológicos, bioquímicos e moleculares de colmo.

REFERÊNCIAS

ACRECHE, M. M.; SLAFER, G. A. Lodging yield penalties as affected by breeding in Mediterranean wheats. **Field Crops Research**, v. 122, n. 1, p. 40-48, 2011.

ALIZADEH, M. R.; DABBAGHI, A.; RAHIMI-AJDADI, F.; REZAEI, M.; RAHMATI, M. H. Effect of salinity and irrigation regimes on the internode physical variations of rice stem. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 12, p. 1595-1602, 2011.

ATKINS, I. M. Inheritance of weight per unit length of culm and other characters in Kanred x Coppei wheat. **Journal of Agricultural Research**, v. 76, p. 53-72, 1948.

ATKINS, I. M. Relation of certain plant characters to strength of straw and lodging in winter wheat. **Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 99, p. 120, 1938.

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

BARROS, J. S.; MEIRELLES, P. R. L.; GOMES, V. C.; PARIZ, C. M.; FACHIOLLI, D. F.; SANTANA, E. A. R.; GOMES, T. G. J.; COSTA, C.; CASTILHOS, A. M.; SOUZA, D. M. Valor nutritivo do capim-xaraés em três intensidades luminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1703-1711, 2019.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; VALÉRIO, I. P.; SCHMIDT, D. A. M.; HARTWIG, I.; RIBEIRO, G.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 4, p. 357-365, 2005.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; VALÉRIO, I. P.; SCHMIDT, D. A. M.; HARTWIG, I.; RIBEIRO, G.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 357-365, 2005.

BERRY, P. M.; KENDALL, S.; RUTTERFORD, Z.; ORFORD, S.; GRIFFITHS, S. Historical analysis of the effects of breeding on the height of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and consequences for lodging. **Euphytica**, v. 203, n. 2, p. 375-383, 2015.

BERRY, P. M.; SPINK, J. H.; GAY, A.P., CRAIGON, J. A. comparison of root and stem lodging risks among winter wheat cultivars. **The Journal of Agricultural Science**, v. 141, n. 2, p. 191–202, 2003.

BERRY, P. M.; STERLING, M.; BAKER, C. J.; SPINK, J.; SPARKES, D. L. A calibrated model of wheat lodging compared with field measurements. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 119, n. 3-4, p. 167-180, 2003.

BERRY, P. M.; STERLING, M.; MOONEY, S. J. Development of a model of lodging for barley. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 192, n. 2, p. 151-158, 2006.

BERRY, P. M.; STERLING, M.; SPINK, J. H.; BAKER, C. J.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; MOONEY, S. J.; TAMS, A. R.; ENNOS, A. R. Understanding and reducing lodging in cereals. **Advances in Agronomy**, v. 84, n. 04, p. 215-269, 2004.

BERRY, P. M.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; BERRY, S. Ideotype design for lodging-resistant wheat. **Euphytica**, v. 154, n. 1-2, p. 165-179, 2007.

BERRY, P.M.; SPINK, J. Predicting yield losses caused by lodging in wheat. **Field Crops Research**, v. 137, p. 19–26, 2012.

BRADY, J. Some factors influencing lodging in cereals. **The Journal of Agricultural Science**, v. 24, n. 2, p. 209-232, 1934.

BRUNAVA, L.; ALSINA, I. Lodging cause height at the centre of gravity changes during vegetation period for oat. In: **Research for Rural Development**. International Scientific Conference Proceedings (Latvia). v. 1, p. 56–60, 2014.

CAFFREY, M.; CARROLL, P. T. Lodging in oats. **Ireland Department of Agriculture Journal**, v. 35, p. 25-38, 1938.

CAMARGO, C. E. O.; OLIVEIRA, O. F. Estudo genético de fontes de nanismo para a cultura do trigo. **Bragantia**, v. 40, n. 7, p. 77-91, 1981.

CANCI, P. C.; CARVALHO, F. I. F.; NETO, J. F. B. Caracteres para identificação de genótipos de trigo sensíveis ao ácido giberélico. **Ciência Rural**, v. 27, n. 2, p. 177-182, 1997.

CAO, G.; ZHU, J.; HE, C.; GAO, Y.; YAN, J.; WU, P. Impact of epistasis and QTL× environment interaction on the developmental behavior of plant height in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 103, n. 1, p. 153-160, 2001.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C.; GONZALES, M. G. N.; POPPER, I.; ZANATTA, S.; SILVA, A. Seleção de genótipos parentais de acerola com base na divergência genética multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1613-1619, 2000.

CARRARO-LEMES, C. F.; DEUNER, C. C.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; MAZZETTI, V. C. G.; NOVAKOWISKI, J. H. Reaction of *Avena* spp. to different concentration levels of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* inoculum. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 01, p. 196-203, 2020.

CARROLL, P. T. Some factors influencing lodging in cereals. **Journal Ireland**, v. 40, p. 280-285, 1943.

CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA, J. F.; FLOSS, E. J.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FRANCO, F. de A.; FEDERIZZI, L. C.; NODARI, R. O. Potencial genético da aveia como produtora de grãos no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 71-82, 1987.

CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C. Evolução da cultura da aveia no sul do Brasil. In: **Programa cooperativo para el desarrollo tecnologico agropecuario del cono sur**. Dialogo XXXVII, Avena, cebada y triticales en el Cono Sul. Motevideo: IICA – PROCISSUR, p. 9-21, 1993.

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

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

CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S. J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1723-1729, 2004.

CLARK, E. R.; WILSON, H. K. Lodging in small grains. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 25, n. 9, p. 561-572, 1933.

COFFMAN, F. A. **Oat history, identification and classification**. Washington: United States Department Agriculture, 1977. (Technical Bulletin nº 1516).

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações Técnicas para Cultura da Aveia**: XXXIV Reunião da Comissão de Pesquisa em Aveia. Fundação ABC. Passo Fundo – Editora da Universidade de Passo Fundo, 136p. 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. **Relatório de acompanhamento de safra 2018/2019**, v. 6, 2019.

CONSTANDINOU, S.; NIKOLOUDAKIS, N.; KYRATZIS, A. C.; KATSIOTIS, A. Genetic diversity of *Avena ventricosa* populations along an ecogeographical transect in Cyprus is correlated to environmental variables. **PLoS ONE**, v. 13, n. 3, p. 1-13, 2018.

CORBIN, J. L.; WALKER, T. W.; ORLOWSKI, J. M.; KRUTZ, L. J.; GORE, J.; COX, M. S.; GOLDEN, B. R. Evaluation of Trinexapac-Ethyl and Nitrogen Management to Minimize Lodging in Rice. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 6, p. 2365-2370, 2016.

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

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. D. R.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C. Efeito do acamamento induzido em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n. 2, p. 112-114, 2000.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. D. R.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G.; VALÉRIO, I. P.; HARTWIG, I.; BUSATO, C. C.; Genetic dissimilarity among wheat genotypes for lodging associated traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, n. 4, p. 427-433, 2004.

DAVIDSON, J.; LECLERC, J. A. Effect of various inorganic nitrogen compounds, applied at different stages of growth on the yield, composition and quality of wheat. **Canadian Journal of Research**, v. 23, p. 55-69, 1923.

DAVIS, L. L.; STANTON, T. R. Studies on the breaking strength of straw of oat varieties at Aberdeen, Idaho. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 24 n. 4, p. 290-300, 1932.

DE SOUSA, C. N. A. O acamamento e a reação de cultivares de trigo recomendadas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 14, p. 537-541, 1998.

DORAIRAJ, D.; ISMAIL, M. R. Distribution of Silicified Microstructures, Regulation of Cinnamyl Alcohol Dehydrogenase and Lodging Resistance in Silicon and Paclobutrazol Mediated *Oryza sativa*. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 491, 2017.

DOTTO, M. A.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; DE MELO, A. V.; DE CARVALHO, E. V. Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 630-637, 2010.

DUNN, G. J.; BRIGGS, Keith Glyn. Variation in culm anatomy among barley cultivars differing in lodging resistance. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, n. 6, p. 1838-1843, 1989.

EASSON, D. L.; WHITE, E. M.; PICKLES, S. J. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. **The Journal of Agricultural Science**, v. 121, n. 2, p. 145-156, 1993.

FANTINI, A. C.; FEDERIZZI, L. C.; CARVALHO, F. I. F.; NETO, J. F. B. Variabilidade genética e herança da estatura de planta em genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 123-131, 1994.

FAOSTAT - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>> Acesso em: 20 fev. 2020.

FEDERIZZI, L. C.; ALMEIRA, J. L.; MORI, C.; LÂNGARO, N. C.; PACHECO, M. T. Importância da cultura da aveia. In: LÂNGARO, N.C.; CARVALHO, I. Q. (Org.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014. p. 44-53.

FEDERIZZI, L. C.; FANTINI, A. C.; CARVALHO, F. I. F. de. Efeito do acamamento artificial em alguns genótipos de trigo de porte alto e baixo. **Ciência Rural**, v. 24, n. 3, p. 465-469, 1994.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos ; FONTANELI, R. S.; DUCA, L. de J. A. D. ; RODRIGUES, O. ; TEIXEIRA, M. C. C.; NASCIMENTO JUNIOR, A. Do ; MINELLA, E.; CAIERÃO, E.; MORI, C. de ; PETRY, C.; OLIVEIRA, J. T. de ; MARIANI, F. Potencial de Rendimento de cereais de inverno de duplo propósito. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. (Org). **Cereais de inverno**

de duplo propósito para a integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 97-120.

GARBER, R. J.; OLSON, P. J. A study of the relationship of some morphological characters to lodging in cereals 1. **Agronomy Journal**, v. 11, n. 5, p. 173-186, 1919.

GATTO, L. **Dissimilaridade genética e análise de trilha quanto a características físicas e químicas do grão de aveia branca.** 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

GLYNNE, M. D. Effects of cultural treatments on wheat and on the incidence of eyespot, lodging, take-all and wccds. **Annals of Applied Botany**, v. 38, n. 3, p. 665–688, 1951.

GOULDEN, C. H.; ELDERS, A. T. A statistical study of the Characters of wheat varieties influencing yield. **Scientific Agriculture**, v. 6, n. 10, p. 337-345, 1926.

GRAFIUS, J. E.; BROWN, H. M. Lodging resistance in oats 1. **Agronomy Journal**, v. 46, n. 9, p. 414-418, 1954.

GUERREIRO, R. M.; OLIVEIRA, N. C. Produtividade de grãos de aveia branca submetida a doses de trinexapac-ethyl. **Campo Digital**, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2013.

GUEDES, J. M.; VILELA, D. J. M.; REZENDE, J. C.; SILVA, F. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 127-132, 2013.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento.** São Paulo: Varela, 2000.

HALL, A. J.; SPOSARO, M. M.; CHIMENTI, C. A. Stem lodging in sunflower: variations in stem failure moment of force and structure across crop population densities and post-anthesis developmental stages in two genotypes of contrasting susceptibility to lodging. **Field Crops Research**, v. 116, n. 1-2, p. 46-51, 2010.

HALLIDAY, D. J. Nitrogen for cereals. **Bull**, v. 6, p. 38, 1948.

HAMILTON, D. G. Certain oat culm characters and their relationship to lodging. **Scientific Agriculture**, v. 21, n. 10, p. 646-676, 1941.

- HAMILTON, D. G. Culm, crown and root development in oats as related to lodging. **Scientific Agriculture**, v. 31, n. 7, p. 286-315, 1951.
- HANLEY, F. Lodging in cereals. **Great Britain Ministry of Agriculture Journal**, v. 48, p. 212-216, 1942.
- HARRINGTON, J. B.; WAYWELL, C. G. Testing resistance to shattering and lodging in cereals. **Scientific Agriculture**, v. 30, n. 2, p. 51-60, 1950.
- HAWERROTH, M. C.; SILVA, J. A. G. DA; SOUZA, C. A.; OLIVEIRA, A. C. DE; LUCHE, H. DE S.; ZIMMER, C. M.; HAWERROTH, F. J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO, J. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.
- HIRANO, K.; MASUDA, R.; TAKASE, W.; MORINAKA, Y.; KAWAMURA, M.; TAKEUCHI, Y.; TAKAGI, H.; YAEGASHI, H.; NATSUME, S.; TERAUCHI, R.; KOTAKE, T.; MATSUSHITA, Y.; SAZUKA, T. Screening of rice mutants with improved saccharification efficiency results in the identification of CONSTITUTIVE PHOTOMORPHOGENIC 1 and GOLD HULL AND INTERNODE 1. **Planta**, v. 246, n. 1, p. 61-74, 2017.
- HIRANO, K.; OKUNO, A.; HOB0, T.; ORDONIO, R.; SHINOZAKI, Y.; ASANO, K.; KITANO, H.; MATSUOKA, M. Utilization of stiff culm trait of rice smos1 mutant for increased lodging resistance. **PLoS ONE**, v. 9, n. 7, p. e96009, 2014.
- HIRANO, K.; ORDONIO, R. L.; MATSUOKA, M. Engineering the lodging resistance mechanism of post-Green Revolution rice to meet future demands. **Proceedings of the Japan Academy**, Series B, v. 93, n. 4, p. 220-233, 2017.
- HOOGERHEIDE, E. S. S.; VENCOVSKY, R.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1401-1405, 2007.
- HUNTER, H. The improvement of winter oats. **The Journal of Agricultural Science**, v. 25, n. 3, p. 419-444, 1935.
- IANNUCCI, A.; PIZZILLO, M.; ANNICCHIARICO, G.; FRAGASSO, M.; FEDELE, V. Dynamics of accumulation and partitioning of dry matter and fructo-oligosaccharides in plant fractions of forage cereals. **Experimental Agriculture**, v. 52, n. 2, p. 188-202, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.
Levantamento sistemático da produção agrícola. 2018. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>
>. Acesso em: 5 abril. 2018.

ISLAM, M. S.; PENG, S.; VISPERAS, R. M.; EREFUL, N.; BHUIYA, M. S. U.;
JULFIQUAR, A. W. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical
irrigated ecosystem. **Field Crops Research**, v. 101, n. 2, p. 240-248, 2007.

JANDREY, P. E.; FRANCO, F. A.; COSTA, A. C. T.; SILVA, M. B.; RODRIGUES,
L. F. O. S. Dias para espigamento, altura de plantas e índice de acamamento em
genótipos de trigo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 32-37, 2012.

JEDEL, P. E.; HELM, J. H. Lodging effects on a semidwarf and two standard barley
cultivars. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 1, p. 158-161, 1991.

JENZER, H. B.; SILVA, S.; SADEGHI, M. Functional Foods. **Journal Nutrition**, v. 2,
p. 1-3, 2016.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. London: McGraw-Hill Book Company,
1940.

JUNG, H-J. G. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. **The
Journal of nutrition**, v. 127, n. 5, p. 810S-813S, 1997.

KAMRAN, M.; AHMAD, I.; WU, X.; LIU, T.; DING, R.; HAN, Q. Application of
paclobutrazol: a strategy for inducing lodging resistance of wheat through mediation of
plant height, stem physical strength, and lignin biosynthesis. **Environmental Science
and Pollution Research**, v. 25, n. 29, p. 29366–29378, 2018.

KASHIWAGI, T.; HIROTSU, N.; MADOKA, Y.; OOKAWA, T.; ISHIMARU, K.
Improvement of resistance to bending-type lodging in rice. **Japanese Journal of Crop
Science**, v. 76, n. 1, p. 1–9, 2007.

KASHIWAGI, T.; ISHIMARU, K. Identification and functional analysis of a locus for
improvement of lodging resistance in rice. **Plant physiology**, v. 134, n. 2, p. 676-683,
2004.

KASHIWAGI, T.; TOGAWA, E.; HIROTSU, N.; ISHIMARU, K. Improvement of lodging resistance with QTLs for stem diameter in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and applied genetics**, v. 117, n. 5, p. 749-757, 2008.

KAUR, R.; KAPOOR, R.; VIKAL, Y.; KAUR, K. Assessing genetic diversity in dual purpose oat (*Avena sativa* L.) cultivars based on morphological and quality traits. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 1574-1586, 2018.

KELBERT, A. J.; SPANER, D.; BRIGGS, K. G.; KING, J. R. The association of culm anatomy with lodging susceptibility in modern spring wheat genotypes. **Euphytica**, v. 136, n. 2, p. 211-221, 2004.

KELLER, M.; KARUTZ, C.; SCHMID, J. E.; STAMP, P.; WINZELER, M.; KELLER, B.; MESSMER, M. M. Quantitative trait loci for lodging resistance in a segregating wheat×spelt population. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 98, n. 6–7, p. 1171–1182, 1999.

KIRICHENKO, F. G.; PALAMARCHUK, A. I. Relationship of primary root system to plant height and lodging resistance in soft winter wheat. **Soviet Agricultural Sciences**, v. 9, p. 1-4, 1980.

KOBAYASHI, H.; HITAKA, N. Studies on the lodging of rice plant. **Journal of Agricultural Meteorology**, v. 24, n. 2, p. 67–74, 1968.

KONG, E.; LIU, D.; GUO, X.; YANG, W.; SUN, J.; LI, X.; ZHAN, K.; CUI, D.; LIN, J.; ZHANG, A. Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. **The Crop Journal**, v. 1, n. 1, p. 43–49, 2013.

KUCZYŃSKA, A.; SURMA, M.; ADAMSKI, T.; MIKOŁAJCZAK, K.; KRYSTKOWIAK, K.; OGRODOWICZ, P. Effects of the semi-dwarfing *sdw1/denso* gene in barley. **Journal of Applied Genetics**, v. 54, n. 4, p. 381-390, 2013.

KUREK, A.; CARVALHO, F. I. F.; CRUZ, P.; LORENCETTI, C.; CARGNIN, A.; SIMONI, D. Variabilidade em genótipos fixos de aveia branca estimada através de caracteres morfológicos. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 8, n. 1, 2002.

LÂNGARO, N. C.; GUTKOSKI, L. C.; FORNARI, M. (orgs.) **XXXVII REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA - Resultados Experimentais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2017.

- LEITCH, M. H.; HAYES, J. D. Effects of chlormequat application on stem characteristics, yield and panicle conformation of winter oats. **The Journal of Agricultural Science**, v. 113, n. 1, p. 17-26, 1989.
- LI, P. F.; MA, B. L.; YAN, W.; CHENG, Z. G.; LI, F. M.; XIONG, Y. C. Plant architecture, plasticity, and adaptation strategies of two oat genotypes under different competition intensities: Adaptation strategy of oats in relation to plant architecture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 5, p. 1431–1439, 2016.
- LI, X.; WENG, J-K.; CHAPPLE, C. Improvement of biomass through lignin modification. **The Plant Journal**, v. 54, n. 4, p. 569-581, 2008.
- LÚCIO, A. D. C.; STORCK, L.; KRAUSE, W.; GONÇALVES, R. Q.; NIED, A. H. Relações entre os caracteres de maracujazeiro-azedo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 225-232, 2013.
- LUQUE, R.; SOUSA, H.C.; KRAUS, J.E. Métodos de coloração de Roeser (1972) - modificado - e Kropp visando a substituição do azul de astra por azul de alciano GS ou GX. **Acta Botânica Brasílica**, v. 10, n. 2, p. 199-212, 1996.
- MA, B. L.; ZHENG, Z.; PAGEAU, D.; VERA, C.; FREGEAU-REID, J.; XUE, A.; YAN, W. Nitrogen and phosphorus uptake, yield and agronomic traits of oat cultivars as affected by fertilizer N rates under diverse environments. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 3, p. 245-265, 2017.
- MA, Q. H. The expression of caffeic acid 3-O-methyltransferase in two wheat genotypes differing in lodging resistance. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 9, p. 2763–2771, 2009.
- MACEDO JÚNIOR, G. L.; ZANINE, A. M.; BORGES, I.; OLALQUIAGA PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.
- MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; DORIGO, O. F.; RIEDE, C. R.; GARBUGLIO, D. D. Phenotypic variability and response of Brazilian oat genotypes to different species of root-knot and root-lesion nematodes. **European journal of plant pathology**, v. 141, n. 1, p. 111-117, 2015.
- MADIC, M.; KNEZEVIC, D.; PAUNOVIC, A.; DJUROVIC, D. Plant height and internode length as components of lodging resistance in barley. **Acta Agriculturae Serbica**, v. 21, n. 42, p. 99–106, 2016.

MARTINEZ-VAZQUEZ, P. Crop lodging induced by wind and rain. **Agricultural and forest meteorology**, v. 228, p. 265-275, 2016.

MOHR, R. M.; GRANT, C. A.; MAY, W. E.; STEVENSON, F. C. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 87, n. 4, p. 459-468, 2007.

MOJENA, R. Hierárquical grouping method and stopping rules: an evaluation. **Computer Journal**, v. 20, p. 359-363, 1977.

MORENO, J. A. Clima do Rio grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 11, p. 49-83, 1961.

MULDER, E. G. Effect of mineral nutrition on lodging of cereals. **Plant and Soil**, v. 5, n. 3, p. 246–306, 1954.

MULSANTI, I. W.; YAMAMOTO, T.; UEDA, T.; SAMADI, A. F.; KAMAHORA, E.; RUMANTI, I. A.; THANH, V. C.; ADACHI, S.; SUZUKI, S.; KANEKATSU, M.; HIRASAWA, T.; OOKAWA, T. Finding the superior allele of japonica-type for increasing stem lodging resistance in indica rice varieties using chromosome segment substitution lines. **Rice**, v. 11, n. 1, p. 25, 2018.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo de cereais de inverno de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale**. Porto Alegre: NBS, 1983.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J. DE.; SZARESKI, V. J.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q. DE. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 164-174, 2017.

NAZARENO, E. S.; LI, F.; SMITH, M.; PARK, R. F.; KIANIAN, S. F.; FIGUEROA, M. *Puccinia coronata f. sp. avenae*: a threat to global oat production. **Molecular Plant Pathology**, v. 19, n. 5, p. 1047-1060, 2018.

NEENAN, M., SPENCER-SMITH, J.L. An analysis of the problem of lodging with particular reference to wheat and barley. **Journal of Agricultural Science**, v. 81, n. 3, p. 495-507, 1975.

NORDEN, A. J.; FREY, K. J. Factors Associated with Lodging Resistance in Oats 1. **Agronomy Journal**, v. 51, n. 6, p. 335-338, 1959.

OKUNO, A.; HIRANO, K.; ASANO, K.; TAKASE, W.; MASUDA, R.; MORINAKA, Y.; UEGUCHI-TANAKA, M.; KITANO, H.; MATSUOKA, M. New approach to increasing rice lodging resistance and biomass yield through the use of high gibberellin producing varieties. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, p. e86870, 2014.

OLIVEIRA, A. C. de; CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, J. A. G.; VALÉRIO, I. P.; HARTWIG, I.; BENIN, G.; SCHMIDT, D. A. M.; BERTAN, I. Brisasul: a new high-yielding white oat cultivar with reduced lodging. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 370-374, 2011.

OLIVEIRA, S. A. S.; HOHENFELD, C. S.; SANTOS, V. DA S.; HADDAD, F.; OLIVEIRA, E. O. Resistance to *Fusarium* dry root rot disease in cassava accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1414-1417, 2013.

OLIVEIRA, V. da S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. de L.; SILVA, B. C. D. da; SANTOS, A. C. P. dos. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**, v. 22, n. 2, p. 1–18, 2016.

OOKAWA, T.; INOUE, K.; MATSUOKA, M.; EBITANI, T.; TAKARADA, T.; YAMAMOTO, T.; UEDA, T.; YOKOYAMA, T.; SUGIYAMA, C.; NAKABA, S.; FUNADA, R.; KATO, H.; KANEKATSU, M.; TOYOTA, K.; MOTOBAYASHI, T.; VAZIRZANJANI, M.; TOJO, S.; HIRASAWA, T. Increased lodging resistance in long-culm, low-lignin gh2 rice for improved feed and bioenergy production. **Scientific Reports**, v. 4, n. 1, p. 6567, 2014.

OOKAWA, T.; YASUDA, K.; KATO, H.; SAKAI, M.; SETO, M.; SUNAGA, K.; MOTOBAYASHI, T.; TOJO, S.; HIRASAWA, T. Biomass production and lodging resistance in ‘Leaf Star’, a new long-culm rice forage cultivar. **Plant Production Science**, v. 13, n. 1, p. 58–66, 2010.

PACKA, D.; WIWART, M.; SUCHOWILSKA, E.; BIENKOWSKA, T. Morpho-anatomical traits of two lowest internodes related to lodging resistance in selected genotypes of *Triticum*. **International Agrophysics**, v. 29, n. 4, p. 475-483, 2015.

PELTONEN-SAINIO, P. Genetic improvements in the structure of oat stands in northern growing conditions during this century. **Plant Breeding**, v. 104, n. 4, p. 340-345, 1990.

PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, 2010.

PENDLETON, J. W. The effect of lodging on spring oat yields and test weight 1. **Agronomy Journal**, v. 46, n. 6, p. 265-267, 1954.

PENG, D.; CHEN, X.; YIN, Y.; LU, K.; YANG, W.; TANG, Y.; WANG, Z. Lodging resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.): Lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid. **Field Crops Research**, v. 157, p. 1-7, 2014.

PENG, J.; RICHARDS, D. E.; HARTLEY, N. M.; MURPHY, G. P.; DEVOS, K. M.; FLINTHAM, J. E.; BEALES, J.; FISH, L. J.; WORLAND, A. J.; PELICA, F.; SUDHAKAR, D.; CHRISTOU, P.; SNAPE, J. W.; GALE, M. D.; HARBERD, N. P. 'Green revolution' genes encode mutant gibberellin response modulators. **Nature**, v. 400, n. 6741, p. 256–261, 1999.

PINTHUS, M. J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, v. 25, p. 209-263, 1974.

PINTHUS, M. J. Spread of the root system as indicator for evaluating lodging resistance of wheat. **Crop Science**, v. 7, n. 2, p. 107-110, 1967.

RAJKUMARA, S. Lodging in cereals - a review. **Agricultural Reviews**, v. 29, n. 1, p. 55-60, 2008.

RAMIAH, K.; DHARMALINGAM, S. Lodging of straw and its inheritance in rice (*Oryza sativa*). **Indian Journal Agricultural Science**, v. 4, p. 880-894, 1934.

RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York, p. 351-382, 1952.

RIEDE, C. R.; GARBUGLIO, D. D.; MACHADO, A. C. Z.; PÓLA, J. N.; CARVALHAL, R.; ARRUDA, K. M. A. IPR AFRODITE-new oat cultivar with nematode resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 278-281, 2015.

ROBERTSON, D. J.; LEE, S. Y.; JULIAS, M.; COOK, D. D. Maize stalk lodging: flexural stiffness predicts strength. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 1711-1718, 2016.

ROCHA, A. **Estudo de características de genótipos de aveia e de trigo e suas relações com a quebra de colmos**. 1996. 124f, Dissertação (Mestrado) - Programa de

Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

RODRIGUES, D. A.; AVANZA, M. F. B.; DIAS, L. G. G. G. Sobresemeadura de aveia e azevém em pastagens tropicais no inverno: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 16, n. 16, p. 1-22, 2011.

SALMON, S. C. An instrument for determining the breaking strength of straw and a preliminary report on the relation between breaking strength and lodging. **Journal of Agricultural Research**, v. 43, n. 1, p. 73-82, 1931.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SATO, K. Studies on the starch contained in the tissues of rice plant:(IV) starch content in the culm related to lodging (Preliminary Report). **Japanese Journal of Crop Science**, v. 26, n. 1, p. 19-19, 1957.

SHAH, A. N.; TANVEER, M.; REHMAN, A. UR; ANJUM, S. A.; IQBAL, J.; AHMAD, R. Lodging stress in cereal - effects and management: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 6, p. 5222–5237, 2017.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, p. 235, 2009.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SISLER, W. W.; OLSON, P. J. A study of methods of influencing lodging in barley and the effect of lodging upon yield and certain quality characteristics. **Scientific Agriculture**, v. 31, n. 5, p. 177-186, 1951.

SPOSARO, M. M.; BERRY, P. M.; STERLING, M.; HALL, A. J.; CHIMENTI, C. A. Modelling root and stem lodging in sunflower. **Field Crops Research**, v. 119, n. 1, p. 125-134, 2010.

STANCA, A. M.; JENKINS, G.; HANSON, P. R. Varietal responses in spring barley to natural and artificial lodging and to a growth regulator. **The Journal of Agricultural Science**, v. 93, n. 2, p. 449-457, 1979.

STRECK, E. A.; AGUIAR, G. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D.; FACCHINELLO, P. H. K.; OLIVEIRA, A. C. D. Variabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado via análise multivariada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 101-109, 2017.

TAFERNABERRI, V.; DALLAGNOL, M.; MONTARDO, D. P.; PEREIRA, E. A.; PERES, E. R.; LEÃO, M. L. Avaliação agronômica de linhagens de aveia-branca em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 41-51, 2012.

TANDON, J. P.; JAIN, K. B. L.; SINGH, J. B. Relationship between lodging resistance and some morphological characters in barley. **Indian Journal Genetic**, v. 33, n. 3, p. 347-354, 1973.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 499-507, 1993.

TIAN, B.; LIU, Y.; ZHANG, L.; LI, H. Stem lodging parameters of the basal three internodes associated with plant population densities and developmental stages in foxtail millet (*Setaria italica*) cultivars differing in resistance to lodging. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 4, p. 349, 2017.

TORRIE, J. H. Inheritance studies of several qualitative and quantitative characters in spring wheat crosses between varieties relatively susceptible and resistant to drought. **Canadian Journal of Research**, v. 14, n. 10, p. 368-385, 1936.

TRIPATHI, S. C.; SAYRE, K. D.; KAUL, J. N.; NARANG, R. S. Growth and morphology of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) culms and their association with lodging: effects of genotypes, N levels and ethephon. **Field Crops Research**, v. 84, n. 3, p. 271- 290, 2003.

TUMINO, G.; VOORRIPS, R. E.; MORCIA, C.; GHIZZONI, R.; GERMEIER, C. U.; PAULO, M.-J.; TERZI, V.; SMULDERS, M. J. M. Genome-wide association analysis for lodging tolerance and plant height in a diverse European hexaploid oat collection. **Euphytica**, v. 213, n. 8, p. 163, 2017.

TUNES, L. M.; OLIVO, F.; BADINELLI, P. G.; CANTOS, A.; BARROS, A. C. S. A. Aspectos fisiológicos da toxicidez de ácidos orgânicos em sementes de aveia. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 4, p. 21-28, 2008.

UEMURA, Y.; MATSUO, Y.; KOMATSU, Y. The lodging resistance of directly seeded rice in submerged paddy fields. **Proceedings Shikoku Branch of Crop Science Society**, v. 22, p. 25-31, 1985.

VAN SOEST, J. P.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: RBG, 1992. 496p.

VON WETTSTEIN, D. Halmaufbau und Standfestigkeit bei erectoides Mutanten der Gerste. **Hereditas**, v. 38, n. 3, p. 345-366, 1952.

VON WETTSTEIN, D. Mutations and the intentional reconstruction of crop plants. **Hereditas**, v. 43, n. 2, p. 298-302, 1957.

WANG, J.; ZHU, J.; LIN, Q.; LI, X.; TENG, N.; LI, Z.; LI, B.; ZHANG, A.; LIN, J. Effects of stem structure and cell wall components on bending strength in wheat. **Chinese Science Bulletin**, v. 51, n. 7, p. 815-823, 2006.

WANG, Y.; LI, Q.; LI, C.; LI, A. Studies on the culm quality and anatomy of wheat varieties. **Acta Agronomica Sinica**, v. 24, n. 4, p. 458-462, 1998.

WATANABE, T. Lodging resistance. In: MATSUO, T., FUTSUHARA, F., YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. p. 567-577.

WEIBEL, R. O.; PENDLETON, J. W. Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality. **Agronomy Journal**, v. 56, n. 5, p. 487-488, 1964.

WELTON, F. A. Lodging in oats and wheat. **Botanical Gazette**, v. 85, n. 2, p. 121-151, 1928.

WENG, F.; ZHANG, W.; WU, X.; XU, X.; DING, Y.; LI, G.; LIU, Z.; WANG, S. Impact of low-temperature, overcast and rainy weather during the reproductive growth stage on lodging resistance of rice. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 46596, 2017.

WHITE, E. M. Effects of management and development on stem characteristics related to lodging in winter barley. **European Journal of Agronomy**, v. 4, n. 3, p. 327-334, 1995.

WILKE, N.; SIEGMANN, B.; KLINGBEIL, L.; BURKART, A.; KRASKA, T.; MULLER, O.; VAN DOORN, A.; HEINEMANN, S.; RASCHER, U. Quantifying lodging percentage and lodging severity using a UAV-Based canopy height model combined with an objective threshold approach. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, p. 515, 2019.

WU, L.; ZHANG, W.; DING, Y.; ZHANG, J.; CAMBULA, E.D.; WENG, F.; LIU, Z.; DING, C.; TANG, S.; CHEN, L. Shading contributes to the reduction of stem mechanical strength by decreasing cell wall synthesis in japonica rice (*Oryza sativa* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 881, 2017.

WU, W.; HUANG, J.; CUI, K.; NIE, L.; WANG, Q.; YANG, F.; SHAH, F.; YAO, F.; PENG, S. Sheath blight reduces stem breaking resistance and increases lodging susceptibility of rice plants. **Field Crops Research**, v. 128, p. 101–108, 2012.

WU, W.; MA, B. L. A new method for assessing plant lodging and the impact of management options on lodging in canola crop production. **Scientific reports**, v. 6, p. 31890, 2016.

XIAO, S. H.; ZHANG, X. Y.; YAN, C. S.; ZHANG, W. X.; HAI, L.; GUO, H. J. Determination of resistance to lodging by stem strength in wheat. **Agricultural Sciences in China**, v. 1, n. 3, p. 280-284, 2002.

YAGI, T. Studies on breeding for culm stiffness in rice: 1. Varietal differences in culm stiffness and its related traits. **Japanese Journal of Breeding**, v. 33, n. 4, p. 411-422, 1983.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAC, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agrônômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 1001-1016, 1991.

ZHANG, J.; LI, G.; HUANG, Q.; LIU, Z.; DING, C.; TANG, S.; CHEN, L.; WANG, S.; DING, Y.; ZHANG, W. Effects of culm carbohydrate partitioning on basal stem

strength in a high-yielding rice population. **The Crop Journal**, v. 5, n. 6, p. 478–487, 2017.

ZHANG, J.; LI, G.-H.; SONG, Y.-P.; ZHANG, W.-J.; YANG, C.-D.; WANG, S.-H.; DING, Y.-F. Lodging Resistance of Super-Hybrid Rice Y Liangyou 2 in Two Ecological Regions. **Acta Agronomica Sinica**, v. 39, n. 4, p. 682, 2013.

ZHANG, R.; JIA, Z.; MA, X.; MA, H.; ZHAO, Y. Characterising the morphological characters and carbohydrate metabolism of oat culms and their association with lodging resistance. **Plant Biology**, v. 22, n. 2, p. 267-276, 2019.

ZHANG, W.; LI, G.; YANG, Y.; LI, Q.; ZHANG, J.; LIU, J.; WANG, S.; TANG, S.; DING, Y. Effects of Nitrogen Application Rate and Ratio on Lodging Resistance of Super Rice with Different Genotypes. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 13, n. 1, p. 63–72, 2014.

ZHANG, W.; WU, L.; WU, X.; DING, Y.; LI, G.; LI, J.; WENG, F.; LIU, Z.; TANG, S.; DING, C.; WANG, S. Lodging Resistance of Japonica Rice (*Oryza Sativa* L.): Morphological and Anatomical Traits due to top-Dressing Nitrogen Application Rates. **Rice**, v. 9, n. 1, p. 31, 2016.

ZHENG, M.; CHEN, J.; SHI, Y.; LI, YANXIA; YIN, Y.; YANG, D.; LUO, Y.; PANG, D.; XU, X.; LI, W.; NI, J.; WANG, Y.; WANG, Z.; LI, YONG. Manipulation of lignin metabolism by plant densities and its relationship with lodging resistance in wheat. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 41805, 2017.

ZHU, X; LONG, S. P.; ORT, D. R. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 19, n. 2, p.153-159, 2008.

ZUBER, U.; WINZELER, H.; MESSMER, M. M.; KELLER, M.; KELLER, B.; SCHMID, J. E.; STAMP, P. Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 182, n. 1, p. 17-24, 1999.

ANEXOS

Anexo I Escala decimal de desenvolvimento dos cereais segundo Zadoks et al. (1974)

Tabela 1 - Escala decimal de desenvolvimento dos cereais segundo Zadoks et al. (1974)

Código	Estádio
0	Germinação
00	Semente seca
01	Início da embebição
02	-
03	Embebição completa
04	-
05	Emergência da radícula da cariopse
06	-
07	Coleóptilo emergido
08	-
09	Folha no ápice do coleóptilo
1	Crescimento da plântula
10	Primeira folha através do coleóptilo
11	Primeira folha aberta
12	Duas folhas abertas
13	Três folhas abertas
14	Quatro folhas abertas
15	Cinco folhas abertas
16	Seis folhas abertas
17	Sete folhas abertas
18	Oito folhas abertas
19	Nove ou mais folhas abertas
2	Afilhamento
20	Somente o colmo principal
21	Colmo principal e um afilho
22	Colmo principal e dois afilhos
23	Colmo principal e três afilhos
24	Colmo principal e quatro afilhos
25	Colmo principal e cinco afilhos
26	Colmo principal e seis afilhos
27	Colmo principal e sete afilhos
28	Colmo principal e oito afilhos
29	Colmo principal e nove ou mais afilhos
3	Alongamento
30	Pseudocolmo ereto
31	Primeiro nó visível
32	Segundo nó visível
33	Terceiro nó visível
34	Quarto nó visível
35	Quinto nó visível
36	Sexto nó visível
37	Folha bandeira recém-visível
38	-
39	Lígula da folha bandeira recém-visível
4	Emborrachamento

40	-
41	Bainha da folha bandeira em extensão
42	-
43	Início do emborrachamento
44	-
45	Emborrachamento completo
46	-
47	Abertura da bainha da folha bandeira
48	-
49	Primeiras aristas visíveis

5	Emergência da inflorescência
----------	-------------------------------------

50	Primeira espiguetta da inflorescência recém-visível
51	-
52	Um quarto das inflorescências emergidas
53	-
54	Metade das inflorescências emergidas
55	-
56	Três quartos das inflorescências emergidas
57	-
58	Emergência completa da inflorescência
59	-

6	Antese
----------	---------------

60	Início da antese
61	-
62	-
63	-
64	Metade da antese completa
65	-
66	-
67	-
68	Antese completa
69	-

7	Desenvolvimento do grão leitoso
----------	--

70	-
71	Cariopse aquosa
72	-
73	Início do estado leitoso
74	-
75	Estado leitoso
76	-
77	Final do estado leitoso
78	-
79	-

8	Desenvolvimento do grão em massa
----------	---

80	-
81	-
82	-
83	Início do estado de massa

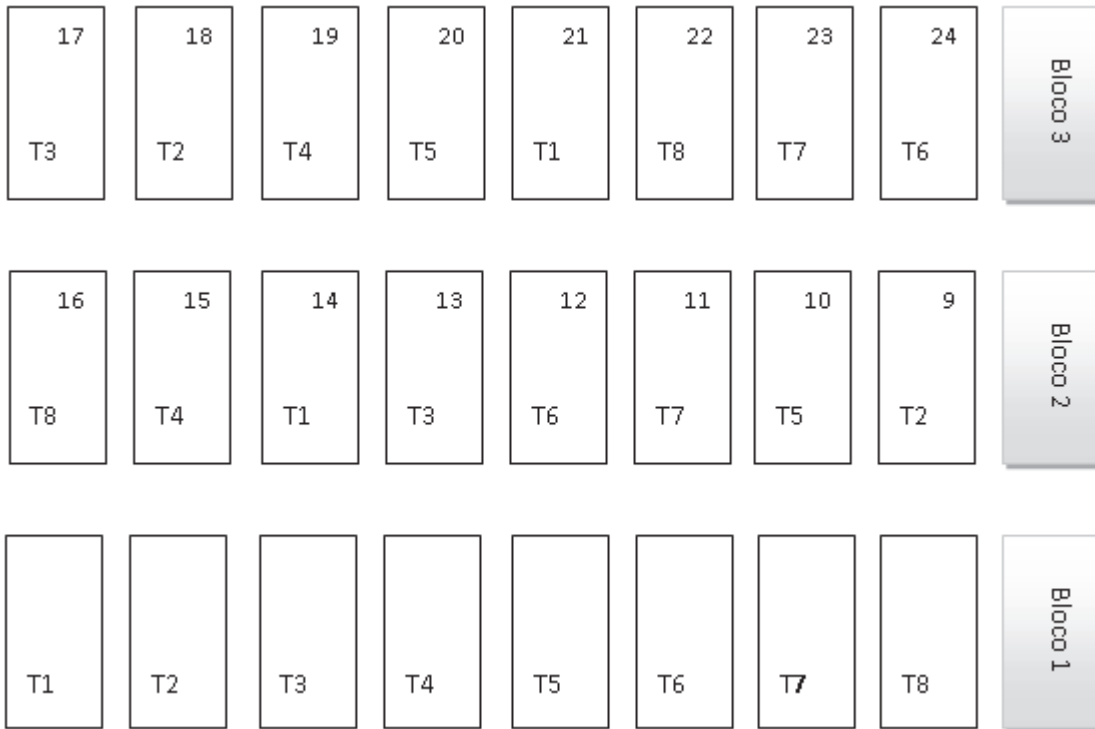
84	-
85	Estado de massa mole
86	-
87	Estado de massa dura
88	-
89	-

9 Maturação

90	-
91	Cariopse dura (difícil dividir com a unha)
92	Cariopse dura (não pode ser dividida com a unha)
93	Cariopse soltando-se durante o dia
94	Sobre maturação, palha seca e quebradiça
95	Semente dormente
96	Semente viável com 50% de germinação
97	Semente não dormente
98	Dormência secundária induzida
99	Dormência secundária perdida

APÊNDICES

Apêndice I Delineamento experimental



Tratamentos:

T1: UPFA Gauderia;

T5 – Brisasul;

T2: FAEM 5 Chiarasul;

T6 – URS Altiva;

T3: URS Brava;

T7 – URS Taura;

T4: FAEM Carlasul;

T8- IPR Afrodite;



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV