



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Trigo  
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**DOCUMENTOS 205**

**Variabilidade e viabilidade polínica  
em cevada: aspectos botânicos,  
agronômicos e citogenéticos**

*Sandra Patussi Brammer  
Leonardo Martinello da Rosa  
Júlia Zambiasi Geller*

**Embrapa Trigo**  
Passo Fundo, RS  
2023

**Embrapa Trigo**  
Rodovia BR-285, Km 294  
Caixa Postal 78  
99050-970 Passo Fundo, RS  
Telefone: (54) 3316-5800  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Trigo

Presidente  
*Leila Maria Costamilan*

Vice-presidente  
*Ana Lídia Variani Bonato*

Secretária  
*Marialba Osorski dos Santos*

Membros  
*Elene Yamazaki Lau, Fabiano Daniel De Bona,  
João Leodato Nunes Maciel, Maria Imaculada  
Pontes Moreira Lima, Martha Zavariz de  
Miranda, Sirio Wiethölter*

Normalização bibliográfica  
*Graciela Olivella Oliveira (CRB 10/1434)*

Tratamento das ilustrações e editoração  
eletrônica  
*Márcia Barrocas Moreira Pimentel*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Foto da capa  
*Sandra Patussi Brammer*

**1ª edição**  
Publicação digital (2023): PDF

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Trigo

---

Brammer, Sandra Patussi

Variabilidade e viabilidade polínica em cevada : aspectos botânicos,  
agronômicos e citogenéticos / Sandra Patussi Brammer, Leonardo Martinello da  
Rosa, Júlia Zambiasi Geller. — Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2023.

PDF (20 p.) : il. color. — (Documentos / Embrapa Trigo, ISSN 1518-6512; 205)

1. Cevada. 2. Cereal. 3. Cultura. I. Rosa, Leonardo Martinello da. II. Geller, Júlia  
Zambiasi. III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 633.160981

---

*Graciela Olivella Oliveira (CRB-10/1434)*

© Embrapa, 2023

## Autores

### **Sandra Patussi Brammer**

Bióloga, doutora em Ciências/Genética e Biologia Molecular, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

### **Leonardo Martinello da Rosa**

Estudante de graduação da Universidade de Passo Fundo, bolsista PIBIC/CNPq na Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

### **Júlia Zambiasi Geller**

Estudante de graduação da Universidade de Passo Fundo, bolsista PIBIC/CNPq na Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

## Apresentação

A contribuição das pesquisas científicas nas áreas biotecnológicas e agronômicas permite o avanço do conhecimento e contribui para o apoio à inovação. No cenário atual, novas conexões são necessárias para agregar os aspectos básicos da biologia celular e molecular, visando ao apoio de programas de melhoramento genético das mais variadas espécies.

A presente publicação aborda estudos compreendendo a análise citogenética em cevada, quanto à variabilidade e à viabilidade polínica, associada aos aspectos botânicos e agronômicos, proporcionando excelente ferramenta para a avaliação rápida e eficaz de genótipos promissores dessa cultura.

*Jorge Lemainski*  
Chefe-Geral da Embrapa Trigo

## Sumário

Introdução .....	9
Aspectos botânicos e agronômicos da cevada .....	9
A formação de gametas em plantas e o desenvolvimento de grãos de pólen.....	12
Estudos citogenéticos quanto à variabilidade e viabilidade polínica em cevada.....	14
Referências .....	17

## Introdução

Abordagens e estudos citogenéticos, associados aos programas de melhoramento genético de plantas, possibilitam, entre outras ações, analisar e inferir sobre a estabilidade genética dos genótipos, baseando-se na viabilidade do grão de pólen, visando à seleção assistida e à caracterização do germoplasma. A compreensão dos aspectos envolvidos na formação do grão de pólen, como sua morfologia, variabilidade e viabilidade, permite relacioná-los com a fertilidade e auxiliam na seleção dos melhores genótipos quanto à estabilidade genética. Nesse sentido, a presente publicação traz uma revisão atualizada sobre os principais aspectos botânicos, agronômicos e citogenéticos para a cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.).

## Aspectos botânicos e agronômicos da cevada

As espécies de cevada pertencem à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Poales, família Poaceae, subfamília Pooide, tribo Triticeae e gênero *Hordeum*. O gênero apresenta, na sua totalidade, 32 espécies de gramíneas, podendo ser diploides, tetraploides e hexaploides, em que sete é o número cromossômico básico (Von Bothmer et al., 1991). As espécies podem ser anuais ou perenes e com largas áreas de ocupação, sendo consideradas cosmopolitas, uma vez que estão presentes em quase todas as partes do mundo. Estão distribuídas em ambientes temperados, regiões árticas e subárticas (como Sibéria, Alasca e Patagônia), além de algumas ocorrerem próximas às zonas subtropicais da América do Sul, especificamente no nordeste da Argentina e sudoeste do Brasil, como é o caso das espécies silvestres *Hordeum stenostachys* e *Hordeum euclaston* (Von Bothmer et al., 1991; Minella, 1999). Resiste bem a elevadas temperaturas, porém não suporta seca e nem umidade excessiva devido ao seu sistema radicular superficial que a deixa mais suscetível aos estresses bióticos e abióticos (Boldrini et al., 2008).

A cevada possui duas subespécies: *H. vulgare* subsp. *vulgare* L. representa as cevadas comerciais, enquanto *H. vulgare* subsp. *spontaneum* L. representa as selvagens inférteis, advindas da *H. vulgare* subsp. *vulgare* (Minella, 1999). Evidências arqueológicas indicam que a espécie *H. spontaneum* (originária

do Oriente Médio, na região do “crescente fértil”) é reconhecida como a ancestral imediata de todas as cevadas cultivadas, e que *H. vulgare* é uma das culturas mais antigas utilizadas pelo homem. Conforme Toniazzo (2014), *H. vulgare* é uma das espécies mais estudadas do ponto de vista histórico, nas civilizações em que foi cultivada ao longo dos tempos. A importância desses estudos, considerando época e local da domesticação das espécies, pode ajudar na compreensão da história da civilização humana (Pourkheirandish; Komatsuda, 2007).

*H. vulgare* L. é uma planta cespitosa, diploide, com 14 cromossomos ( $2n=2X=14$ ), hermafrodita e autógama (Minella, 1999; Boldrini et al., 2008). A inflorescência da cevada é uma espiga terminal formada pela ráquis e por um número variável de espiguetas (Reid, 1985). De acordo com revisão de Caierão (2008), o gênero *Hordeum* possui três espiguetas uniflorais, as quais dispõem de ráquila unida ao grão, em que, geralmente, a espiguetas central mantém sua fertilidade indefinidamente, enquanto as laterais são usualmente inférteis. Cada espiguetas possui estruturas de proteção, denominadas de pálea e lema, e as espigas podem apresentar aristas ou serem míticas. Quanto ao sistema de reprodução, a cevada cultivada reproduz-se basicamente por autofecundação, com a deiscência das anteras ocorrendo normalmente antes da abertura da flor e, frequentemente, antes da emergência da espiga, variando muito em função do ambiente e do genótipo. As condições ideais para a emergência da espiga são temperatura moderada, umidade adequada e alta luminosidade, que também podem facilitar a alogamia. No entanto, a taxa de fecundação cruzada, quando ocorre, é inferior a 1% (Molina-Cano et al., 1997; Minella, 1999).

Existem, ainda, duas classificações que separam as cevadas: a de seis fileiras, que apresenta em cada nó seis flores que darão origem a seis fileiras de grãos, e a de duas fileiras, que apresenta fecundação somente nas duas flores centrais (Von Bothmer; Jacobsen, 1985; Monteiro, 2009). A extrusão da espiga das cevadas com seis fileiras ocorre antes, se comparada com a da espiga de duas fileiras (Molina-Cano et al., 1997). Basicamente, na cevada de duas fileiras, as flores laterais em cada tríade de espiguetas são inférteis, enquanto, na de seis fileiras, todas as flores nas tríades de espiguetas são férteis, condição que surgiu há aproximadamente 8.000 anos (Harlan, 1976). As subespécies cultiváveis são advindas de mutações na fertilidade de espi-

guetas laterais (Von Bothmer; Jacobsen, 1985; Monteiro, 2009), e a cevada de seis fileiras possui uma mutação recessiva (Hancock, 2004).

Esse cereal tem vários usos, sendo prioritário na alimentação animal como grão forrageiro, pastagem, feno e silagem, seguido de uso na produção de malte e na alimentação humana, consumido na forma integral, de malte ou de farinha. No Brasil, a cevada destaca-se como matéria-prima para a produção de cerveja. As cultivares destinadas à malteação apresentam propriedades diferentes das forrageiras, possuindo grãos maiores, com a casca mais grossa, proteína entre 9% e 12%, maior quantidade de enzimas e ricas em amido (Minella, 1999; Toniazzo, 2014). No caso da alimentação animal, considerando os cereais de inverno como a cevada, os aspectos que devem ser analisados para uma nutrição adequada são concentração de proteína bruta, quantidade de fibras insolúveis, cálcio, fósforo e energia líquida para lactação (Fontaneli et al., 2020).

A cevada ocupa o quarto lugar no ranking de importância mundial de cereais, ficando atrás do milho, arroz e trigo, e está presente em todos os continentes. Os maiores produtores desta cultura agrícola, em ordem decrescente, são: Rússia, Alemanha, França, Canadá e Espanha (Rodrigues; Martins, 2015). No Brasil, a produção de cevada existe desde 1930 e, ao longo do tempo, conforme a demanda do malte foi aumentando, técnicas de cultivo aliadas ao melhoramento genético de cultivares foram desenvolvendo-se, as quais tornaram esse cereal extremamente importante para o país (Duhatschek, 2021). Apesar disso, a demanda interna é maior do que a ofertada pela produção do País, sendo necessária a importação, que geralmente é feita da Argentina e do Uruguai (Muzzolon et al., 2021).

O cultivo da cevada concentra-se na Região Sul, nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com maior destaque para os dois primeiros (De Mori; Minella, 2012). Conforme dados históricos da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), de 2012 a 2021, no Paraná, a produção esteve concentrada na região centro-sul, e dados de 2021 mostraram produtividade média de 4.500 kg/ha em Ponta Grossa; no mesmo ano, na região norte do Rio Grande do Sul, os dados mostraram produtividade média de 2.700 kg/ha, em Passo Fundo (Conab, 2023a). Atualmente, a cevada também é cultivada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal, sob irrigação, representando novas possibilidades ao agronegócio brasileiro, e

pelo fato de essas regiões também serem propícias ao cultivo desse cereal, durante o florescimento e a maturação dos grãos<sup>1</sup>.

A produção de cevada no Brasil, nos registros da safra 2022, mostraram 123,3 mil ha destinados ao plantio, produtividade de 3.910 kg/ha, resultando em produção total de 482,1 mil toneladas (Acompanhamento..., 2023). Estimativas até o mês de fevereiro de 2023, comparando área, produtividade e produção por estado, mostram, para o Paraná: 83,2 mil ha de área plantada, produtividade de 4.172 kg/ha e produção total de 347,1 mil t; para o Rio Grande do Sul: 39,4 mil ha, 3.351 kg/ha e 132 mil t; e, para Santa Catarina: 0,7 mil ha, 4.350 kg/ha e 3 mil t (Conab, 2023b).

## A formação de gametas em plantas e o desenvolvimento de grãos de pólen

A gametogênese é um processo de proliferação e diferenciação celular caracterizada pelo desenvolvimento dos gametófitos multicelulares, os quais produzem os gametas. Os gametófitos das angiospermas são compostos por poucas células e estão embutidos nos órgãos sexuais da flor (Drews; Koltnuwob, 2011). Basicamente, a formação de gametas nas plantas envolve os gametófitos masculinos (microgametófitos) e os femininos (megagametófitos). A parte masculina apresenta microsporócitos diploides que, após passarem pelo processo de meiose, geram quatro células haploides, os micrósporos, que são os precursores do grão de pólen. Seu completo desenvolvimento passa pelas seguintes etapas: as células haploides, previamente formadas, entram em processo de mitose, duplicando seu DNA, suas organelas citoplasmáticas e formando um grande vacúolo, para depois dividir-se e formar o núcleo vegetativo e dois núcleos espermáticos ou generativos. Desse modo, a estrutura do grão de pólen é formada por duas células espermáticas, englobadas por uma célula vegetativa. Já na parte feminina da planta, o megasporócito sofre meiose, formando quatro megásporos haploides. Três desses megásporos tornam-se inviáveis, ficando um único que consistirá na oosfera, a qual será fecundada por um dos núcleos espermáticos do grão de pólen, formando o embrião. Além dessas estruturas, tem-se o núcleo da célula cen-

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://terramagna.com.br/blog/cevada>.

tral, que também será fecundado pelo outro núcleo espermático, gerando o endosperma da semente. As demais células envolvidas no saco embrionário são as três antípodas e as duas sinérgides, as quais farão parte da formação da parede celular.

No desenvolvimento normal dos grãos de pólen, as células do tapete, que representam um dos estratos do microsporângio, consistindo na última camada da parede da antera nas angiospermas, têm função de nutrir os grãos de pólen em desenvolvimento, além de produzir enzimas importantes, como a calase. Esses nutrientes são essenciais para o processo de fecundação, principalmente na etapa da formação do tubo polínico. Os defeitos das células do tapete geralmente causam desenvolvimento anormal do pólen e decréscimo da fertilidade. Em algumas espécies, a meiose II ocorre apenas quando o tubo polínico está em processo de formação, enquanto que, em outras, ocorre quando a célula ainda está no interior da antera (Taiz et al., 2017).

Falta ou pouca produção de amido é outro problema para o desenvolvimento normal das células gaméticas vegetais. Essa situação pode ser causada pela deficiência de auxina, importante fitormônio envolvido na regulação dos genes codificantes de proteínas transformadoras de adenosina trifosfato (ATP) e geração de energia. Para a cevada, a auxina é necessária para o fluxo de sacarose e hexoses e para aumentar os níveis de piruvato, de citrato e de succinato (metabólitos do ciclo tricarboxílico), bem como na maturação para aumentar a expressão de genes que codificam quase todas as etapas da produção de energia heterotrófica. Entretanto, ainda permanece desconhecido, para a maioria dos cereais, como o pólen em maturação controla a produção de amido, tornando-se fundamental a compreensão dos mecanismos que regulam e executam os processos de maturação do grão de pólen e a caracterização completa dos fatores envolvidos (Amanda et al., 2022).

Adicionalmente, a maioria das mutações da meiose em plantas afeta tanto gametas masculinos como femininos, resultando em esterilidade de ambos e, como consequência, a planta torna-se incapaz de reproduzir (Drews; Koltnuwob, 2011). Falhas e mutações no genoma da planta não são as únicas causas de um pólen inviável, tendo em vista que as condições climáticas também são importantes para o desenvolvimento de gametas (Minella, 1999). Exemplo disso pode ser observado na cevada destinada ao malte, cultivada no Rio Grande do Sul e no Paraná. Ambos os estados brasileiros

são favoráveis à formação de um grão que gere uma cerveja de boa qualidade. Entretanto, de acordo com Caierão (2008), por consequência de condições climáticas instáveis (geadas tardias e precipitação elevada no período de colheita), tanto a área quanto o rendimento de grãos da cevada oscilam com mais intensidade, de ano para ano. Essa condição pode acarretar em instabilidades genéticas e, como consequência, na formação irregular dos gametas, principalmente pelo comportamento responsivo da planta em relação às pressões ambientais, determinado pela sua composição genética (Taiz et al., 2017).

## Estudos citogenéticos quanto à variabilidade e viabilidade polínica na cevada

A análise da viabilidade polínica representa excelente ferramenta de apoio em programas de melhoramento genético, pois permite inferir sobre a fertilidade e a estabilidade de uma espécie ou dos híbridos resultantes de cruzamentos e retrocruzamentos. De acordo com revisão de Dafni e Firmage (2000), a avaliação da viabilidade do grão de pólen é importante para: estudos sobre a biologia da polinização; monitoramento do vigor do pólen durante o armazenamento em bancos de germoplasma específicos e em condições adequadas; genética e interação pólen-estigma; maior eficiência dos cruzamentos nos programas de melhoramento genético; manutenção de banco de genes; incompatibilidade e estudos de fertilidade; avaliação da germinabilidade do grão de pólen após exposição a condições de elevadas temperaturas, radiações ou umidade excessiva.

As pesquisas sobre o desenvolvimento e a variabilidade dos grãos de pólen são importantes para a compreensão dos sistemas de reprodução das plantas, uma vez que a variabilidade encontrada e os processos envolvidos podem ser diferentes tanto em populações de plantas silvestres como em espécies cultivadas. Ressalta-se que é imprescindível, para o melhoramento genético vegetal, o conhecimento prévio do sistema de cruzamento envolvido, a constituição genômica, o número cromossômico e o nível de ploidia da espécie trabalhada (Brammer; Nascimento Junior, 2022).

Em revisão sobre o assunto, Tomaszewska e Kosina (2022) destacaram que a variabilidade do grão de pólen pode ser determinada avaliando-se viabilidade, morfologia e compatibilidade na interação “pólen-estigma”, obtendo, assim, informações cruciais sobre os sistemas de reprodução das plantas. O tamanho dos grãos de pólen é outra característica biológica importante, pela sua relação com nível de ploidia das plantas e volume de citoplasma, bem como as interações entre essas variáveis.

Na literatura, também tem sido reportada a presença de poros múltiplos nos grãos de pólen em diversas *Poaceae* spp. Tais características são consideradas anomalias polínicas, e o primeiro registro foi em um híbrido de centeio e trigo. Mercuri et al. (2022), utilizando ferramentas voltadas à arqueologia, apontaram que essas anomalias polínicas em *Poaceae* spp. podem ser consideradas bioindicadores das condições ambientais devidas ao estresse sofrido pela planta.

Do mesmo modo, Munaretto et al. (2020) destacaram que a presença de micronúcleos é considerada um aspecto negativo à viabilidade dos grãos de pólen, pois a principal consequência de micronúcleos nas células é a perda de material genético, causando alterações morfológicas e/ou a formação de grãos de pólen desbalanceados e geneticamente instáveis. Os micronúcleos são decorrência de meiose defeituosa, na qual os cromossomos são indevidamente divididos e separados, resultando em pedaços extraviados de cromossomos no citoplasma. Isso compromete (ou impede) a fertilidade da planta genitora, podendo tornar a sua utilização inviável em programas de melhoramento genético. Além da infertilidade por perda de material genético, as plantas também podem tornar-se inviáveis dependendo do tamanho e da quantidade de grãos de pólen produzidos (Brambatti et al., 2016; Brammer et al., 2019).

As anomalias muitas vezes também resultam em micropólens, sendo que estudos sobre a frequência de formação de micronúcleos e de micropólens podem ser uma ferramenta útil para avaliar a qualidade reprodutiva de uma planta. Do mesmo modo, os grãos multiporados também são considerados ineficazes no processo de reprodução, pois permitem a germinação de tubos polínicos através dos vários poros, acarretando competição mútua durante o crescimento desses tubos (Tomaszewska; Kosina, 2022). De modo geral, as anormalidades na estrutura dos grãos de pólen, principalmente quando se

apresentam vazios, afetam a fertilidade masculina, acarretam progênies desuniformes e prejudicam a adaptação de cultivares aos diferentes ambientes (Brammer et al., 2011).

Apesar de não ser impeditivo, as informações sobre viabilidade polínica em plantas como a cevada são mais difíceis de serem obtidas quando comparadas com outros cereais de inverno, pois suas flores apresentam predominantemente comportamento de cleistogamia, ou seja, realizam autofecundação antes mesmo de abrirem (Parzies et al., 2005; Monteiro, 2009).

Alguns trabalhos merecem destaque, como é o caso de Munaretto et al. (2020), que estudaram a viabilidade polínica em genótipos de cevada para inferir a estabilidade genética, visando a sua seleção para utilização em programas de melhoramento genético. Genótipos disponibilizados pela Ambev e pela Embrapa Trigo tiveram os grãos de pólen retirados das anteras de flores medianas da espiga no estádio 10-5 da escala Feeks e Large (Large, 1954). Nas análises, os referidos autores identificaram grãos de pólen trinucleados e binucleados, sendo considerados viáveis; grãos de pólen com pouco amido e vazios, considerados inviáveis, além de grãos de pólen com mais de um poro e de tamanhos diferentes. Por meio dessa análise, foi verificado que a maioria dos genótipos apresentaram viabilidade polínica acima de 84%, estando dentro do padrão esperado para as Triticeae e aptos para uso em cruzamentos do programa de melhoramento genético.

Entre outros exemplos em cevada, podemos citar Parzies et al. (2005), que analisaram a viabilidade do pólen maduro advindo de anteras extrusadas e não extrusadas, das espécies *H. vulgare* ssp. *vulgare* e *H. vulgare* ssp. *spontaneum*, em comparação com *H. bulbosum*, espécie estreitamente relacionada às anteriores. Os experimentos basearam-se na exposição das cevadas a diferentes temperaturas (20 °C, 30 °C e 40 °C) e em diferentes tempos (1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas, 16 horas e 26 horas). Nas avaliações citogenéticas foi empregado o teste com a enzima mieloperoxidase, por representar um forte indicativo quanto à viabilidade polínica, uma vez que quantidade elevada da enzima se relaciona com grãos de pólen viáveis, que ficam completamente pretos, contrapondo-se com uma quantidade muito baixa ou ausente, em que os grãos de pólen são pouco ou completamente inviáveis. De modo geral, houve diferenças significativas entre genótipos, tratamentos de temperatura e durações dos tratamentos, a exemplo da

viabilidade do pólen, que foi significativamente maior a 20 °C em comparação com 40 °C. Entretanto, o pólen de *H. vulgare* apresentou nível suficientemente elevado de viabilidade em um período de pelo menos 26 horas, mesmo em altas temperaturas de até 40 °C. No caso de *H. bulbosum*, a viabilidade polínica variou em um nível muito semelhante ao de *H. vulgare*.

Portanto, a avaliação da variabilidade e da viabilidade polínica é uma importante ferramenta dentro da citogenética, pois, além de ser uma análise de baixo custo, simples e rápida, permite a inferência de características anatômicas e fisiológicas relacionadas ao desenvolvimento e à completa maturação do grão de pólen. Além disso, possibilita verificar a estabilidade e ou instabilidade genética de determinada espécie e, também, avaliar o potencial de fertilidade masculina, que é fundamental nas etapas de hibridação dos programas de melhoramento genético (Mazzocato, 2005; Munaretto, 2020).

## Referências

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: safra 2022/23: oitavo levantamento, v. 10, n. 8, p. 1-103, maio 2023. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/47370\\_034895c4b69caaa065e1256e885e0229](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/47370_034895c4b69caaa065e1256e885e0229). Acesso em: 11 maio 2023.
- AMANDA, D.; FREY, F. P.; NEUMANN, U.; PRZYBYL, M.; SIMURA, J.; ZHANG, Y.; CHEN, Z.; GALLAVOTTI, A.; FERNIE, A. R.; LJUNG, K.; ACOSTA, I. F. Auxin boosts energy generation pathways to fuel pollen maturation in barley. **Current Biology**, v. 32, n. 8, p. 1798-1811, Apr. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35316655/>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. **Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 80 p.
- BRAMBATTI, A.; BRAMMER, S. P.; WIETHÖLTER, P.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do. Estabilidade genética em triticale estimada pela viabilidade polínica. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, e0802014, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000802014>.
- BRAMMER, S. P.; FRIZON, P.; URIO, E. A. Caracterização citogenética em genótipos de trigo: presença de micronúcleos e viabilidade polínica. In: SILVA NETO, B. R. da (org.). **Inventário de recursos genéticos**. Ponta Grossa: Atena, 2019. p. 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.8631918071>
- BRAMMER, S. P.; NASCIMENTO JUNIOR, A. Estudos citogenéticos em triticale: caracterização de germoplasma e apoio ao melhoramento genético. In: BARBOSA, F. C. **Genética: hereditariedade e características**. Piracanjuba: Ed. Conhecimento Livre, 2022. p. 12-26.
- BRAMMER, S. P.; SCAGLIUSI, S. M. M.; BONATO, A. L. V.; TORRES, G. A. M.; CONSOLI, L.; NHANI JÚNIOR, A. Biotecnologia aplicada à cultura do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.;

CUNHA, G. R. (ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p. 453-488.

CAIERÃO, E. Cevada: história e evolução. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 289-311.

CONAB. **Cevada: série histórica - custos - cevada - 2012 a 2021**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/806-cevada>. Acesso em: 23 fev. 2023a.

CONAB. **Safra brasileira de grãos: tabela de dados - produção e balanço de oferta e demanda de grãos**. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/47369\\_5e84a82d96141a82f186c8b86b6c27fd](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/47369_5e84a82d96141a82f186c8b86b6c27fd). Acesso em: 11 maio 2023b.

DAFNI, A.; FIRMAGE, D. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, n. 1-4, p. 113-132, Mar. 2000.

DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 20 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 139). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91355/1/2012-documentosonline-139.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

DREWS, G. N.; KOLTUNOWB, A. M. G. The female gametophyte. **The Arabidopsis Book**, v. 2011, n. 9, p. 1-24, Dec. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1199/tab.0155>.

DUHATSCHEK, E. **Mancha em rede de cevada: quantificação de dano**. 2021. 42 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; KLEIN, A. P.; DALAGNOL, E.; PANISSON, F. T.; KLEIN, M. A.; SANTOS, H. P. dos; CASTRO, R. L. de; CEOLIN, M. E. T.; ESCOBAR, F. M. Ensilagem de cereais de inverno. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, v. 176, p. 14-20, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216772/1/Ensilagem-de-cereais-de-inverno-Fontaneli-Revista-Plantio-Direto.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2023.

HANCOCK, J. F. **Plant evolution and origin of crop species**. Cambridge: CABI Publishing, 2004. 324 p.

HARLAN, J. R. Barley. In: SIMMONS, N. W. **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1976. p. 93-98.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals illustration of the Feeks scales. **Plant Pathology**, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

MAZZOCATO, A. C. **Cultura de anteras e embriogênese de genótipos selecionados de cevada (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*)**. 2005. 156 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Porto Alegre.

MERCURI, A. M.; CLÒ, E.; FLORENZANO, A. Multiporate pollen of Poaceae as bioindicator of environmental stress: first archaeobotanical evidence from the early-middle Holocene site of Takarkori in the Central Sahara. **Quaternary**, v. 41, n. 5, p. 1-16, Sept. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/quat5040041>.

MINELLA, E. Melhoria da cevada. In: BOREM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 253-272.

MOLINA-CANO, J. L.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A. M.; RAMO, T.; VOLTAS, J.; BRUFAU, J. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. **Journal of Cereal Science**, v. 25, n. 1, p. 37-47, Jan. 1997.

MONTEIRO, V. A. **Influência do nitrogênio na fenologia da cevada (*Hordeum vulgare* L.) cervejeira irrigada no Cerrado**. 2009. 47 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF.

MUNARETTO, D.; BRAMMER, S. P.; LÂNGARO, N. C.; MINELLA, E.; LIMA, M. I. P. M. **Viabilidade polínica e inferência da estabilidade genética em genótipos de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. 18 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 95). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222525/1/BolPesqDes-95-online-2021.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.

MUNARETTO, D. **Resistência de genótipos de cevada à giberela**. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo.

MUZZOLON, E.; MELATI, J.; LUCHETTA, L.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Processamento da cevada para produção de malte: parâmetros de qualidade. In: VERRUCK, S. (org.). **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo: Ed. Científica Digital, 2021. v. 3, p. 204-225. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210203295.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

PARZIES, H. K.; SCHNAITHMANN, F.; GEIGER, H. H. Pollen viability of *Hordeum* spp. genotypes with different flowering characteristics. **Euphytica**, v. 145, n. 3, p. 229-235, Oct. 2005.

POURKHEIRANDISH, M.; KOMATSUDA, T. The Importance of barley genetics and domestication in a global perspective. **Annals of Botany**, v. 100, n. 5, p. 999-1008, Aug. 2007. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/100/5/999/136695>. Acesso em: 4 nov. 2022.

REID, D. A. Morphology and anatomy of the barley plant. In: RASMUSSEN, D. C. (ed.). **Barley**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 1985. p. 73-101.

RODRIGUES, Â.; MARTINS, V. M. R. M. Produção e tecnologia de cereais: notas breves sobre o cultivo de cevada em Portugal. In: JORNADAS DE LÚPULO E CERVEJA: NOVAS OPORTUNIDADES DE NEGÓCIO, 2015, Bragança. **Livro de atas...** Bragança: Instituto Politécnico, 2015. p. 23-35.

TAIZ, L.; SZE, H.; SEYMOUR, G. Gametófitos, polinização, sementes e frutos. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 625-664.

TOMASZEWSKA, P.; KOSINA, R. Variability in the quality of pollen grains in oat amphiploids and their parental species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 45, n. 3, p. 987-1000, Sept. 2022.

TONIAZZO, C. **Micromalteação e marcadores moleculares como suporte ao melhoramento de cevada cervejeira**. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo.

VON BOTHMER, R.; JACOBSEN, N.; BADEN, C.; JORGENSEN, R. B.; LINDE-LAURSEN, I. **An ecogeographical study of the genus *Hordeum***. Rome: IBPGR, 1991. 127 p.

VON BOTHMER, R.; JACOBSEN, N. Origin, taxonomy and related species. In: RASMUSSEN, D. C. (ed.). **Barley**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 1985. p. 19-56.

**Embrapa**

---

**Trigo**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA  
E PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 18080