

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento *_____online*

ISSN 1677-8901 **87**
Dezembro, 2017

**Método para Avaliar a Germinação Pré-Colheita
em Genótipos de Trigo: Desenvolvimento
Analítico e Aplicação**



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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento _____online **87**

Método para Avaliar a Germinação Pré-Colheita em Genótipos de Trigo: Desenvolvimento Analítico e Aplicação

Eliana Maria Guarienti
João Leonardo Fernandes Pires
Ricardo Lima de Castro
Gilberto Rocca da Cunha
Ana Paula Fontana Valentini
André Cunha Rosa
Eduardo Caierão
Erlei Melo Reis
Francisco de Assis Franco
Genei Antonio Dalmago
Juliano Fuhrmann Wagner
Lauro Akio Okuyama
Leonardo Lago Molssato
Luiz Gustavo de Mello
Márcio Só e Silva
Matheus Bristot
Pedro Luiz Scheeren
Rogério Ferreira Aires
Vanderlei Doneda Tonon

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, Km 294

Caixa Postal 3081

Telefone: (54) 3316-5800

Fax: (54) 3316-5802

99050-970 Passo Fundo, RS

<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Trigo

Imagem Capa: *Joseani Mesquita Antunes e João Leonardo Fernandes Pires*

Normalização bibliográfica: *Maria Regina Martins*

1ª edição

Versão on-line (2017)

Comitê de Publicações

Vice-Presidente: *Leila Maria Costamilan*

Membros: *Anderson Santi,*

Genei Antonio Dalmago,

Paulo Roberto Valle da Silva Pereira,

Sandra Maria Mansur Scagliusi,

Tammy Aparecida Manabe Kiihl,

Vladirene Macedo Vieira

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

Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo: desenvolvimento analítico e aplicação. / Eliana Maria Guarienti... [et al.] – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2017.

46p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento online / Embrapa Trigo, ISSN 1677-8901 ; 87).

1. Trigo - Qualidade. 2. Trigo - Fenotipagem. 3. Trigo - Germinação na espiga. I. Guarienti, Eliana Maria. II. Série.

CDD: 633.114

© Embrapa Trigo, 2017

Sumário

Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Etapa 1. Desenvolvimento analítico do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo	10
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	18
1. Reprodutibilidade intralaboratorial do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo.....	18
2. Repetitividade do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo.....	18
Etapa 2. Aplicação do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo na caracterização de cultivares do Ensaio Estadual de Cultivares de Trigo	20
Material e Métodos	20
Resultados e Discussão	21
Avaliações anuais.....	21
Avaliação do triênio 2014, 2015 e 2016.....	24
Conclusões	27
Agradecimentos	27
Referências	27
Anexo 1 – Padrão construtivo, condições ambientais e operacionais da câmara de simulação de chuva usada no método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo	31
Anexo 2 – Descrição do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo	35

Método para Avaliar a Germinação Pré-Colheita em Genótipos de Trigo: Desenvolvimento Analítico e Aplicação

Eliana Maria Guarienti¹
João Leonardo Fernandes Pires²
Ricardo Lima de Castro³
Gilberto Rocca da Cunha⁴
Ana Paula Fontana Valentini⁵
André Cunha Rosa⁶
Eduardo Caierão⁷
Erlei Melo Reis⁸
Francisco de Assis Franco⁹
Genei Antonio Dalmago⁴
Juliano Fuhrmann Wagner¹⁰
Lauro Akio Okuyama¹¹
Leonardo Lago Molssato¹²
Luiz Gustavo de Mello¹³
Márcio Só e Silva¹⁴
Matheus Bristot¹³
Pedro Luiz Scheeren¹⁵
Rogério Ferreira Aires¹⁶
Vanderlei Doneda Tonon¹⁷

-
- ¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Plantas de Lavoura, Fisiologia e Manejo, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
⁵ Engenheira-agrônoma, M.Sc. em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisadora da CCGL – TEC, Cruz Alta, RS.
⁶ Engenheiro-agrônomo, Ph.D em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Biotrigo Genética Ltda., Passo Fundo, RS.
⁷ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
⁸ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da OR Melhoramento de Sementes Ltda., Passo Fundo, RS.
⁹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Coodetec, Cascavel, PR.
¹⁰ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Manejo e Fisiologia Vegetal, pesquisador da CCGL – TEC, Cruz Alta, RS.
¹¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador do Iapar, Londrina, PR.
¹² Acadêmico do curso de Agronomia – UPF, bolsista Pibic/CNPq, estagiário da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
¹³ Acadêmico do curso de Agronomia – UPF, estagiário da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
¹⁴ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia/Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
¹⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências/Genética Vegetal, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
¹⁶ Engenheiro-agrônomo, doutor em Sistemas de Produção, pesquisador da Fepagro Nordeste, Vacaria, RS.
¹⁷ Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Limagrain Brasil S.A., Cruz Alta, RS.

Resumo

Variáveis meteorológicas de ocorrência errática podem afetar o rendimento de grãos de lavouras de trigo e a qualidade tecnológica do produto colhido. Entre os danos observados no Brasil e em várias partes do mundo, inclui-se a germinação dos grãos ainda na espiga, que repercute negativamente na comercialização, pelo baixo padrão de qualidade e na qualidade tecnológica de farinhas. Atualmente, há poucas cultivares com resistência genética à germinação pré-colheita. A utilização de um método formalmente descrito e validado para avaliar a germinação pré-colheita permite maior segurança e confiabilidade na comparação de informações, além de possibilitar uso universal. Ações de pesquisa foram realizadas para avaliar a germinação pré-colheita de cultivares de trigo brasileiro, em duas etapas: o processo de desenvolvimento analítico do método, para avaliar a germinação pré-colheita, e a aplicação deste método na caracterização de cultivares. A aplicação do método permitiu a classificação de dez cultivares como moderadamente resistentes (CD 1440, Frontana, Jadeíte 11, LG Oro, LG Prisma, ORS Vintecinco, Quartzo, TBIO Iguaçu, TBIO Pioneiro 2010 e Tbio Sinuelo), nove como moderadamente suscetíveis (Ametista, BRS 327, BRS Marcante, BRS Parrudo, Marfim, TBIO Itaipu, TBIO Mestre, TBIO Sintonia e Topázio) e três como suscetíveis (BRS 331, BRS Guamirim e BRS Louro).

Termos para indexação: *Triticum aestivum* L., germinação na espiga, número de queda, fenotipagem.

Method for Evaluating Pre-Harvest Sprouting in Wheat Genotypes: Analytical Development and Application

Abstract

Weather variables of erratic occurrence can affect wheat grain yield and the end product quality. Among the damages observed in Brazil and in several parts of the world where wheat is cultivated, pre-harvest sprouting of the grains negatively affects wheat commercialization due to the low standard of quality and the low technological quality of flour. Currently, there are few cultivars with good genetic resistance to pre-harvest sprouting. The use of detailed and validated methods to evaluate pre-harvest sprouting in wheat allows greater security and reliability when comparing information among genotypes, besides allowing universal use. Research actions were performed in order to evaluate pre-harvest sprouting of Brazilian wheat cultivars, in two stages: the analytical development process of a method for evaluating pre-harvest germination; and the application of this method in several wheat cultivars characterization. The application of the method allowed the classification of ten cultivars as moderately resistant (CD 1440, Frontana, Jadeíte 11, LG Oro, LG Prisma, ORS Vintecinco, Quartzo, TBIO Iguaçú, TBIO Pioneiro 2010, and Tbio Sinuelo), nine cultivars as moderately susceptible (Ametista, BRS 327, BRS Marcante, BRS Parrudo, Quartzo, TBIO Itaipu, TBIO Mestre, TBIO Sintonia, and Topázio), and three cultivars as susceptible (BRS 331, BRS Guamirim, and BRS Louro).

Keywords: *Triticum aestivum* L., pre-harvest sprouting, falling number, phenotyping.

Introdução

A germinação pré-colheita em trigo (popularmente chamada de germinação na espiga) pode ser definida como a germinação dos grãos na espiga antes da colheita. Tem sido apontada como uma das causas de redução da qualidade do trigo brasileiro e suas principais consequências são:

1. Perdas quantitativas na colheita, redução na viabilidade da semente e redução da qualidade da farinha de trigo, devidas à síntese e à ação de enzimas, como alfa-amilase, proteases e lipases, no endosperma do grão (Bhatt et al., 1981; Derera, 1989), as quais promovem hidrólise nas substâncias de reserva, reduzindo o teor de matéria seca nos grãos e a qualidade dos produtos finais:

1.1. Pães - a alta atividade da enzima alfa-amilase provoca excessiva liquefação e dextrinização do amido, resultando em pães com textura interna pegajosa e úmida e crosta com cor escura (Falling Number, 1985);

1.2. Massas alimentícias - o macarrão e o espaguete longo podem sofrer aumento de porcentagem de quebra durante a secagem e, em massas extrudadas, como a da lasanha, pode ocorrer acréscimo na desuniformidade. Após a cocção, massas alimentícias fabricadas a partir de farinha de trigo germinado podem apresentar pegajosidade, baixo volume e excesso de resíduos na água de cozimento (Ciacco; Chang, 1986);

1.3. Bolos - em formulações que usam o processo esponja, o resultado do uso de farinha de trigo germinado será baixo volume, com miolo compacto e com crosta muito escura (Mansour, 1993).

2. Diminuição do valor de comercialização dos grãos de trigo, quando do enquadramento em classes inferiores, segundo a legislação vigente (Brasil, 2010).

De acordo com Cunha et al. (2004), o problema de germinação na espiga atinge áreas tritícolas de várias partes do mundo (norte e oeste da Europa, noroeste dos Estados Unidos, norte da Austrália, oeste da Nova Zelândia e regiões trigueiras do Canadá, da África do Sul, do Chile, da Argentina e de vários outros países), sendo, no Brasil, mais frequente na região sul, particularmente em áreas mais quentes, onde as altas temperaturas do ar influem na diminuição da dormência dos grãos e facilitam a germinação ainda na espiga, quando ocorrem chuvas no período de pré-colheita.

Muitos fatores estão envolvidos na germinação pré-colheita em trigo, como a suscetibilidade genética da cultivar (presença ou ausência de genes de resistência), a morfologia, a estrutura da espiga (relação com absorção de água), o estágio de maturação da lavoura e, finalmente, as condições de ambiente (chuva, temperatura do ar e velocidade de secagem dos grãos). Entretanto, o principal fator é o controle fisiológico associado à dormência do grão de trigo (Mares; Gale, 1990; Mares; Mrva, 1993; Mares et al., 1994).

Segundo Cunha et al. (2004), a dormência em trigo (período em que os grãos, ainda que sob condições ótimas de temperatura, de umidade do ar e de luz, não germinam) é uma característica da cultivar, sendo geneticamente determinada. Todavia, as condições de ambiente, particularmente de temperatura do ar, durante a fase de enchimento do grão, exercem forte influência na duração do período de dormência. Portanto, a interação entre as características genéticas das cultivares e as condições de ambiente, principalmente meteorológicas, definem a ocorrência e a magnitude do problema de germinação pré-colheita em trigo.

Em geral, as cultivares com características de grãos de coloração branca são consideradas mais sensíveis à germinação em pré-colheita do que as de grãos vermelhos (Upadhyay et al., 1988; McCaig; DePauw, 1992). A herança da dormência (sensibilidade à germinação pré-colheita) pode ser independente da coloração do grão, uma vez que nem todo o trigo com grãos de coloração vermelha apresenta dormência (Paterson; Sorrels, 1990). A dormência é um caráter em que estão envolvidos múltiplos genes, caracterizando uma herança complexa, sendo essa uma característica quantitativamente herdada e que sofre forte influência das variáveis de ambiente. Além disso, os processos de melhoramento genético, com os chamados avanços de geração (cultivo de nova geração imediatamente após a colheita da geração anterior), sistematicamente, tendem a selecionar genótipos contra a dormência. Considerando que os materiais submetidos a este processo, normalmente, são associados a menores níveis de dormência, há necessidade de caracterização individual, por cultivar, quanto à sensibilidade à germinação pré-colheita do trigo (Linhares et al., 1996a, 1996b). Atualmente, são poucas as alternativas para se contornar o problema de germinação pré-colheita em trigo via práticas

culturais, exceto pela escolha de cultivares, escalonamento de épocas de semeadura e organização da colheita (antecipada ou escalonada).

Para caracterizar a suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo, no âmbito dos programas de melhoramento genético voltados à criação de cultivares, têm sido usados vários métodos não moleculares, classificados em quatro categorias:

1. Avaliação visual dos grãos (Olson; Mattsson, 1976; Mares, 1982).
2. Análise enzimática, utilizando o aparelho Falling Number (Hagberg, 1960, 1961).
3. Avaliação da germinação em condições de campo (Biddulph et al., 2008; Bainotti et al., 2009).
4. Testes de germinação, usando:
 - 4.1. Grãos em placas de Petri (Hickey et al., 2010);
 - 4.2. Espigas em areia (Kumar et al., 2010);
 - 4.3. Espigas em papel toalha ou papel germitest (Munkvold et al., 2009);
 - 4.4. Molhamento de espigas em condições controladas (McMaster; Derera, 1976; Reis; Carvalho, 1989; Sharma et al., 1994; Okuyama et al., 2004; Franco et al., 2009).

Os diferentes métodos utilizados para indicar a suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo apresentam vantagens e desvantagens, porém o importante é que o método usado seja rápido, econômico, simples e reproduzível (Hagemann; Ciha, 1984).

Os métodos acima citados são exemplos de vários métodos empregados na pesquisa sobre germinação pré-colheita em trigo. Destes, apenas a determinação do Falling Number (número de queda) é aprovada pela American Association of Cereal Chemistry (AACC), entidade reconhecida internacionalmente pela padronização de procedimentos de análises, o que, entre outros aspectos positivos, possibilita que os resultados possam ser reproduzidos. O método AACC 56-81B - Determinação de Falling Number foi aprovado em 2 de novembro de 1972 e reprovado em 3 de novembro de 1999 (American Association of Cereal Chemists, 2000), baseado nos trabalhos realizados por Hagberg (1960, 1961), Perten (1964), Greenaway e Neustadt (1967), Greenaway (1969), Meredith (1970), Tipples (1971), Lorenz e Wolt (1981), entre outros autores.

Para a normalização de um método, a AACC utiliza itens obrigatórios, como objetivo, equipamentos, determinação (descrição detalhada da técnica, incluindo a utilização dos equipamentos, preparo de amostra e procedimentos de análises), cálculos, referências e outras informações que possam ser úteis para garantir a reprodutibilidade dos resultados (American Association of Cereal Chemists, 2000).

Autores como Hagemann; Ciha (1984), Reis; Carvalho (1989), Humphreys; Noll (2002) e Singh et al. (2008) realizaram estudos comparativos entre diferentes métodos para avaliar a germinação pré-colheita em trigo. No entanto, os métodos empregados nos estudos não eram normalizados.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001), a técnica usada para a avaliação de desempenho de um método pode ser uma das seguintes, ou uma combinação destas: calibração com o uso de padrões de referência ou materiais de referência; comparações com resultados obtidos por outros métodos; comparações interlaboratoriais; avaliação sistemática dos fatores que influenciam o resultado ou avaliação da incerteza dos resultados com base no conhecimento científico dos princípios teóricos do método e na experiência prática. Para a utilização de métodos não normalizados, ou seja, aqueles desenvolvidos pelos próprios laboratórios, por outras partes ou adaptados/modificados a partir de métodos normalizados, é necessário que os mesmos sejam validados. A finalidade da validação é confirmar, por exame e fornecimento de evidência objetiva, que os requisitos específicos para uso pretendido são atendidos.

A precisão é um dos diversos parâmetros usados como evidência objetiva da validação de um método analítico (Albano; Raya-Rodriguez, 2009). Segundo estes autores, a precisão reflete a concordância entre diversos valores experimentais obtidos, e quanto menor for a amplitude das medidas, maior será a precisão. A repetibilidade e a reprodutibilidade intralaboratorial são parâmetros estatísticos relacionados à precisão.

A validação é a última etapa do desenvolvimento analítico de métodos, sendo esta realizada na seguinte sequência, segundo Castro (2009): levantamento bibliográfico; seleção de métodos; desenvolvimento; otimização; e validação.

No Brasil, para avaliar a suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo, melhoristas de plantas, em seus programas de melhoramento genético com foco na criação de cultivares, têm usado vários métodos não moleculares, classificados em distintas categorias e subcategorias, já descritos anteriormente. Os resultados da caracterização de cultivares de trigo quanto à suscetibilidade à germinação pré-colheita são disponibilizados anualmente pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, a partir de informações fornecidas pelas empresas obtentoras das cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Cada obtentor, em seus programas de melhoramento genético de trigo, utiliza um ou mais métodos de análise, desenvolvidos em seus laboratórios (portanto, com diferentes estruturas físicas para avaliação dos genótipos, dependendo do obtentor), a partir de adaptações de trabalhos publicados em várias partes do mundo, abrangendo realidades nem sempre condizentes com as condições ambientais brasileiras. Até o presente momento, não foram realizados estudos específicos para verificar se os resultados, obtidos com métodos diferentes, são comparáveis. Como consequência, pode ocorrer que, para um obtentor, uma cultivar de trigo seja classificada como “moderadamente resistente” e, se este mesmo genótipo for avaliado por outro obtentor, com outro método de análise, a cultivar poderia ser enquadrada como “susceptível”, por exemplo.

Os agentes de assistência técnica e os triticultores têm empregado a classificação quanto à germinação pré-colheita como um dos critérios para a escolha da cultivar a ser semeada. Portanto, se esta informação não for comparável, tendo associado a ela nível elevado de incerteza, pode gerar insatisfação do agricultor quanto aos resultados obtidos na safra, além do prejuízo para a empresa obtentora dessa cultivar, pela imprecisão da informação, em relação à credibilidade da sua marca no comércio de sementes. Por outro lado, se o obtentor classificar sua cultivar em escala inferior, em relação à suscetibilidade à germinação pré-colheita, pode deixar de vender seu produto ou perder a oportunidade de agregar valor ao mesmo, por não atender ao critério que serve de referência ao triticultor no momento da decisão sobre qual genótipo escolher.

A preocupação com o uso de métodos diferentes, não padronizados, para caracterizar a germinação pré-colheita em trigo, fundamenta-se na utilização destes como parte da metodologia em pesquisas científicas de grande abrangência e de elevada repercussão nos resultados. De acordo com Castro (2009), cada vez mais é exigida a qualidade de medições por meio de sua comparabilidade, rastreabilidade e confiabilidade. Dados analíticos não confiáveis podem conduzir a decisões desastrosas e a prejuízos financeiros irreparáveis.

Assim, o futuro da competitividade da agricultura brasileira, particularmente do setor de grãos, passa pela aplicação de avanços do conhecimento, para a superação de limitações dos processos convencionais de geração tecnológica, de forma a incorporar qualidade e previsibilidade ao produto que é colhido nas lavouras e que é matéria-prima na indústria. A escolha da cultivar a ser semeada, em função da tolerância/resistência genética à germinação pré-colheita, constitui-se em uma das estratégias para reduzir este problema. A caracterização correta de cada cultivar quanto à tolerância/resistência é fundamental para que esta escolha seja acertada.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método padrão, amigável quanto ao uso e de aplicação universal, que sirva para a classificação do nível de suscetibilidade/resistência de cultivares de trigo quanto à germinação pré-colheita, para uso em programas de melhoramento genético das instituições públicas e privadas que atuam no Brasil.

O projeto de pesquisa “Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil”, registrado no Sistema Embrapa de Gestão (SEG) sob o número 02.11.07.008.00, foi concebido para atender a este objetivo, entre outros.

Etapa 1. Desenvolvimento analítico do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo

Material e Métodos

O desenvolvimento analítico do “Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo” foi realizado de acordo com o esquema proposto por Castro (2009), descrito a seguir:

1. Levantamento bibliográfico – objetivando investigar os métodos descritos na literatura para avaliar a germinação pré-colheita de trigo que poderiam ser usados como referência para o desenvolvimento do novo método.
2. Seleção de métodos – esta etapa foi realizada no “Workshop sobre métodos de avaliação da germinação pré-colheita em trigo”, em novembro de 2012, envolvendo pesquisadores de diferentes instituições/obtentores (Embrapa Trigo, Embrapa Soja, Biotrigo Genética Ltda., CCGL/TEC, Coodetec e Iapar). Cada participante apresentou e debateu os métodos utilizados na caracterização de cultivares de trigo em suas instituições.
3. Desenvolvimento – a partir do levantamento bibliográfico e dos relatos obtidos na etapa anterior, e com a colaboração dos pesquisadores representantes das instituições participantes no Workshop, foi elaborado o “Método para avaliar a germinação pré-colheita em trigo”, objeto de otimização/validação pela Embrapa Trigo.
4. Otimização – nesta etapa, foram realizados ajustes nos parâmetros do método, tais como grandezas a serem ensaiadas, condições ambientais de avaliação, conservação de amostras, preparo de amostras e classificação de acordo com escala padrão sugerida para o método.
5. Validação – foi estabelecido o Plano Mestre de Validação do Método para avaliar a germinação pré-colheita em trigo, baseado no documento DOC-CGCRE-008 - Orientação sobre validação de métodos analíticos, da Coordenação Geral de Acreditação (Inmetro, 2011), e na publicação “Validação e garantia da qualidade de ensaios laboratoriais” (Albano; Raya-Rodrigues, 2009). Foi empregado o parâmetro precisão (reprodutibilidade intralaboratorial e repetitividade) como evidência objetiva da validação do método. Os ensaios de validação foram conduzidos com o objetivo de avaliar as grandezas nota de germinação com observação direta da espiga, pela escala de McMaster; Derera (1976), com notas de 1 a 5, porcentagem de grãos germinados, com notas de 0% a 100%; e número de queda, com avaliação acima de 62 segundos. Em função das duas grandezas críticas (nota de germinação e porcentagem de grãos germinados) que, em tese, poderiam dificultar a utilização do método, em decorrência da variabilidade das condições de análises (diferentes analistas e tempos de avaliação), iniciou-se o processo de validação do método com a avaliação da reprodutibilidade intralaboratorial. As condições preconizadas para esta avaliação foram: uso dos mesmos equipamentos e método de análise, variando a suscetibilidade dos genótipos quanto à germinação pré-colheita em trigo (concentração dos analitos), os analistas e os intervalos de tempo entre as avaliações. O esquema analítico empregado na avaliação da reprodutibilidade intralaboratorial pode ser visualizado na Figura 1.

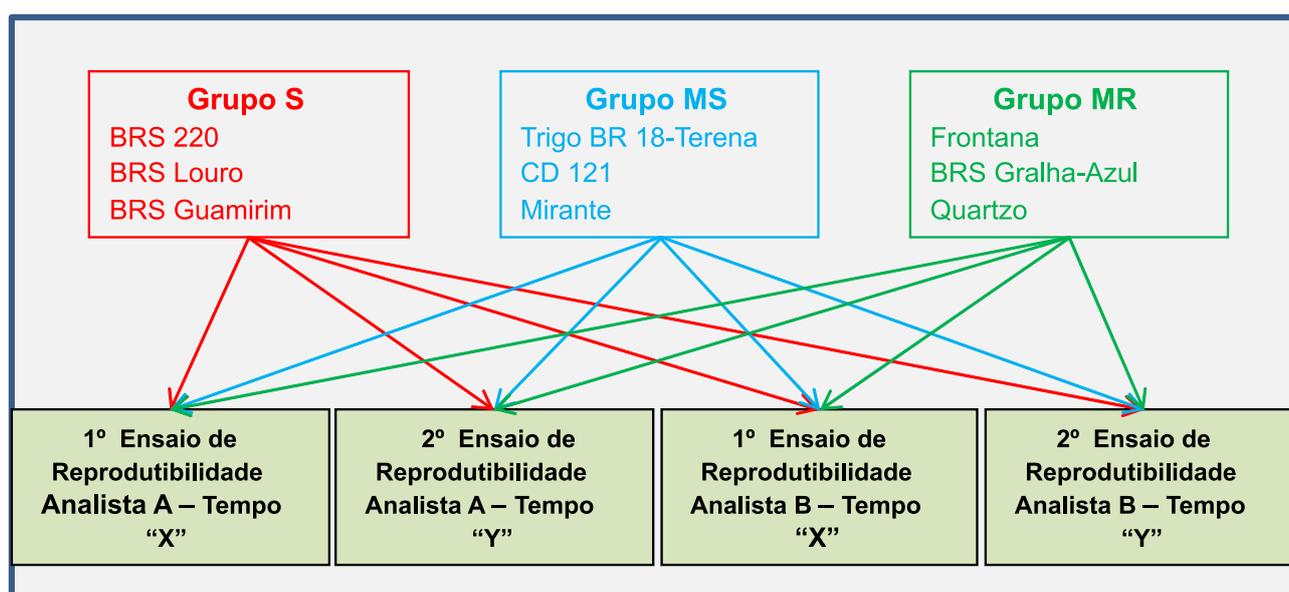


Figura 1. Esquema analítico empregado na avaliação da reprodutibilidade intralaboratorial do ensaio de validação do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017. S: suscetível; MS: moderadamente suscetível; MR: moderadamente resistente.

Uma vez aprovado o parâmetro reprodutibilidade intralaboratorial, iniciou-se a avaliação da repetitividade, com as seguintes condições: emprego dos mesmos equipamentos, mesmo método de análise e analista. Neste caso, variou-se, apenas, a concentração dos analitos, representada pelo grau de suscetibilidade dos genótipos quanto à germinação pré-colheita em trigo. Para avaliar a repetitividade do método, foram usadas as variáveis nota de germinação com observação direta da espiga, porcentagem de grãos germinados e número de queda. O esquema analítico empregado na avaliação da repetitividade é mostrado na Figura 2.

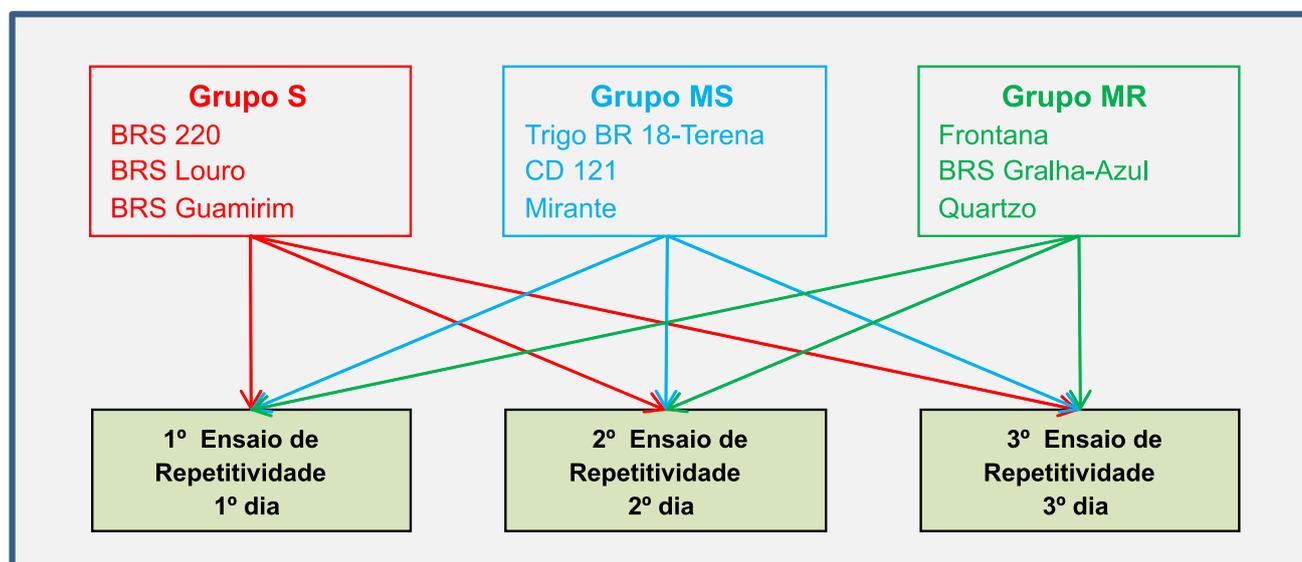


Figura 2. Esquema analítico empregado na avaliação da repetitividade do ensaio de validação do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017. S: suscetível; MS: moderadamente suscetível; MR: moderadamente resistente.

O Plano Mestre de Validação foi aprovado no “Workshop para apresentação e discussão do Plano Mestre de Validação do Método para avaliar a germinação pré-colheita em trigo”, em maio de 2013, com a presença de pesquisadores de diferentes instituições/obtentores (Embrapa Trigo, Embrapa Soja, Biotrigo Genética Ltda., CCGL/TEC, Coodetec, OR Melhoramento de Sementes Ltda. e Fepagro).

Na Figura 3 é mostrada a representação esquemática das etapas do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo, empregadas na validação, conforme descrito na sequência.

Uma coleção de cultivares de trigo com resposta conhecida em relação à germinação pré-colheita foi cultivada na área experimental da Embrapa Trigo em Coxilha, RS, na safra 2014: BRS 220, BRS Guamirim e BRS Louro (susceptíveis); CD 121, Mirante e Trigo BR 18-Terena (moderadamente susceptíveis); e BRS Galha-Azul, Frontana e Quartzo (moderadamente resistentes). Os genótipos foram semeados em duas épocas, em função do ciclo, de forma a permitir a coleta de amostras no menor tempo possível. Na maturação fisiológica, foram coletadas amostras de 60 espigas da área útil de cada parcela. A secagem das amostras foi realizada em ambiente coberto, ventilado, com temperatura do ar inferior a 30 °C, até a secagem das espigas. Após a secagem, cada amostra foi dividida em duas partes, com 30 espigas cada, uma para o teste de simulação de chuva e a outra para a análise de número de queda inicial (esta enviada ao Laboratório de Qualidade Tecnológica de Grãos da Embrapa Trigo).

Foram utilizadas cinco repetições de cada cultivar para o teste de simulação de chuva, que foi realizado na câmara de simulação de chuva da Embrapa Trigo (descrição do equipamento no Anexo 1). A câmara foi ajustada para operar com umidade relativa do ar igual ou superior a 90% e temperatura do ar interno entre 20 °C e 23 °C, como mostra o monitoramento registrado na Figura 4, para os três lotes testados: lote 1, de 18 a 21/07/2014 (4a); lote 2, de 21 a 24/07/2014 (4b); e lote 3, de 22 a 25/07/2014 (4c). Registros de temperatura abaixo de 20 °C correspondem aos momentos em que a câmara foi aberta, para observação visual da simulação de chuva. O sistema de irrigação para simular chuva foi regulado para proporcionar precipitação

pluvial de 640 mm em 64 horas (10 mm por hora). O período total de simulação de chuva foi de 64 horas ou o necessário para que a cultivar suscetível atingisse a nota 5 de germinação (com observação direta na espiga), da escala de McMaster; Derera (1976). Encerrada a simulação de chuva, as espigas foram retiradas da câmara e 10 espigas por amostra foram separadas (aleatoriamente) e avaliadas por meio da atribuição da nota de germinação com observação direta da espiga, usando a mesma escala, conforme descrito na Tabela 1.

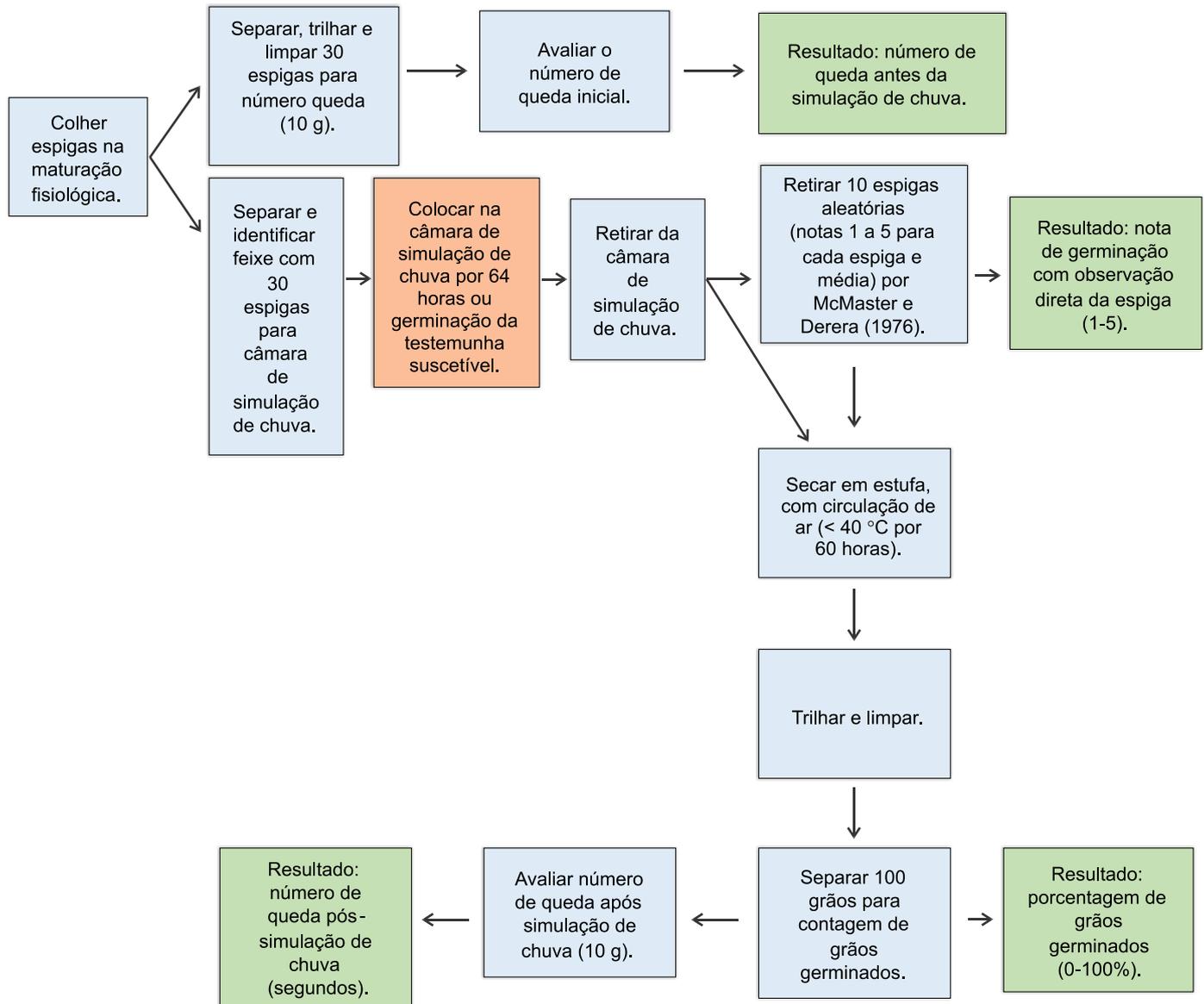


Figura 3. Representação esquemática das etapas do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo, com destaque para os indicadores gerados para classificar as cultivares (em verde). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

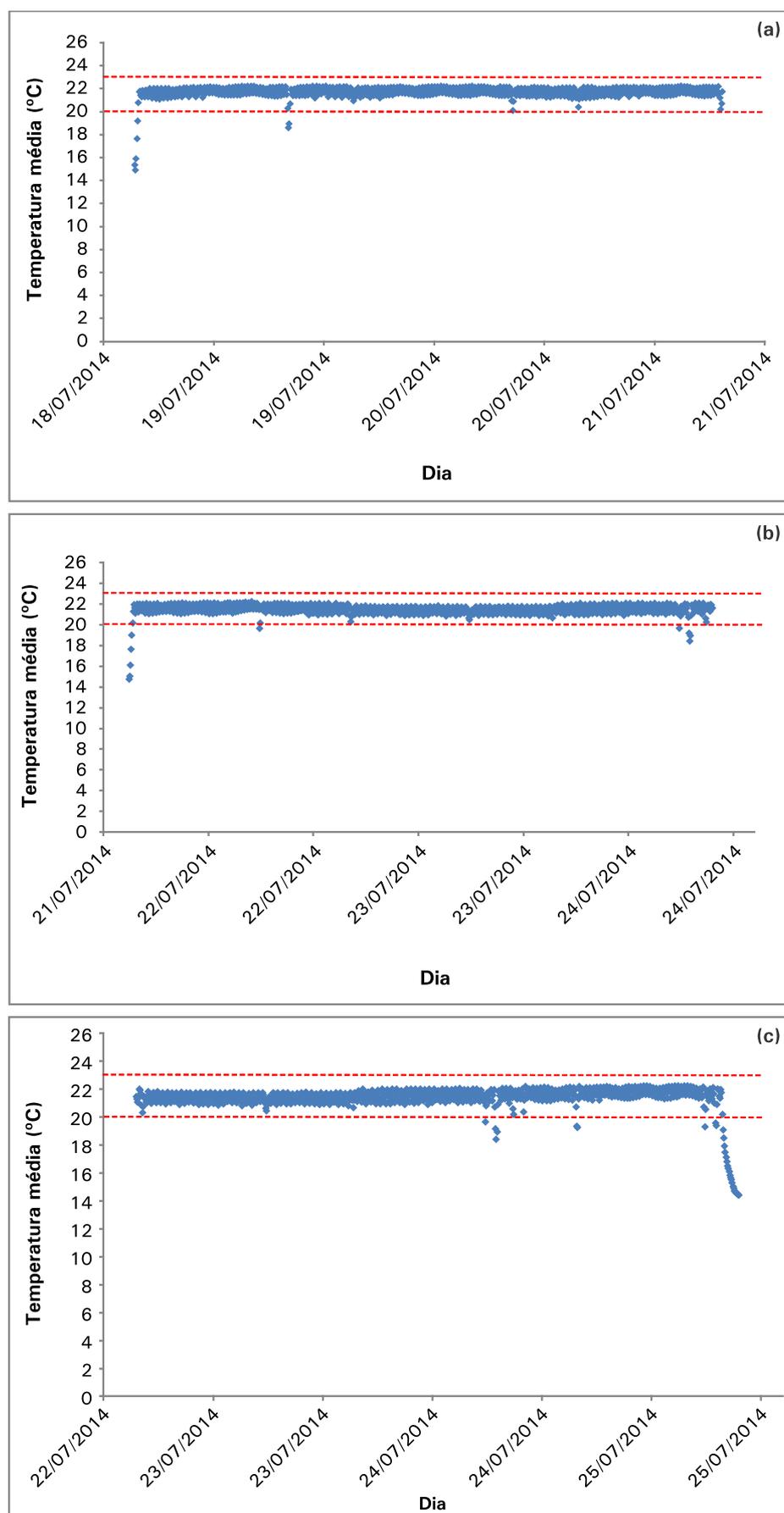


Figura 4. Monitoramento da temperatura média durante a aplicação da simulação de chuva em três lotes de amostras de espigas de trigo (a, b e c). Nas linhas tracejadas, os valores mínimo e máximo aceitáveis pelo método de avaliação da germinação pré-colheita em genótipos de trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Tabela 1. Escala de McMaster; Derera (1976) para avaliação, por observação direta, de espigas de trigo submetidas à pré-germinação em câmara de simulação de chuva, segundo o número e o comprimento de raízes seminais. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Nota	Raízes seminais	
	Nº	Comprimento
1	Não há germinação	
2	1 a 2 por espiga	Recém-emergida(s)
3	3 a 4 por espiga	1 mm a 2 mm
4	1 ou 2 em 65% a 70% das espiguetas	3 mm a 4 mm
5	Uniforme em toda a espiga	

Na sequência, as espigas foram colocadas em estufa para secagem, com circulação de ar em temperatura igual ou inferior a 40 °C por 60 horas. Decorrido esse tempo, as espigas foram retiradas da estufa, trilhadas e limpadas manualmente. Da amostra de grãos limpos, foram separados, aleatoriamente, 100 grãos para cálculo da porcentagem de grãos germinados (considerando-se como germinados os grãos com ruptura do tegumento visível, com diferentes padrões, representados na Figura 5), com o auxílio de lupa (Figura 6). O restante dos grãos foi encaminhado ao Laboratório de Qualidade Tecnológica de Grãos, para avaliação de número de queda, utilizando-se o método 56-81B (American Association of Cereal Chemists, 2000).

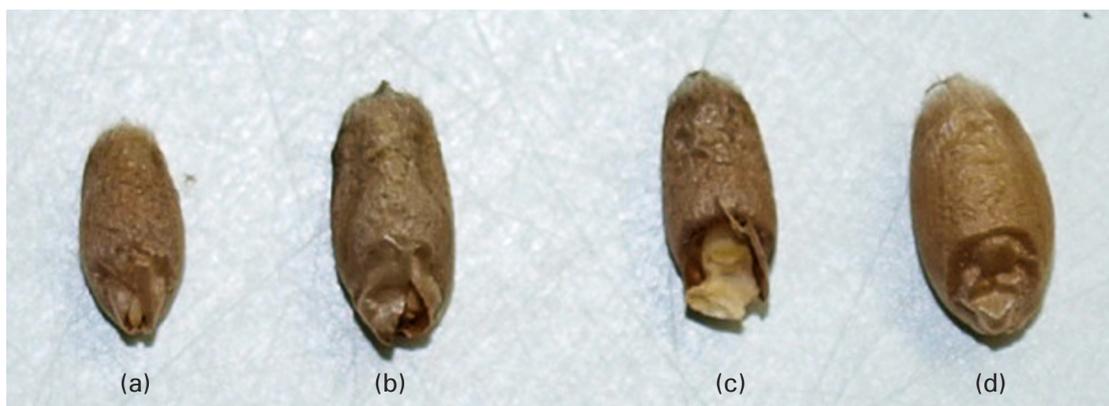


Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 5. Grãos de trigo com diferentes padrões de germinação, utilizados como parâmetros visuais para considerar o grão germinado (a, b e c) ou não germinado (d). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

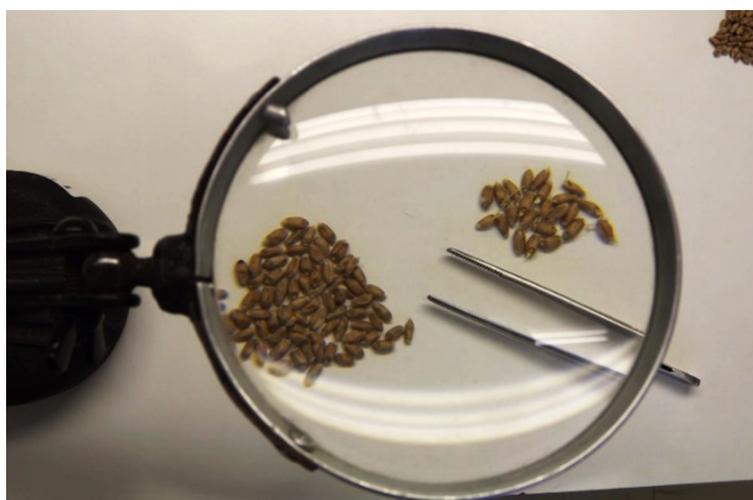


Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 6. Avaliação visual de grãos de trigo, após simulação de chuva, com lupa de 8x de aumento, para quantificar a porcentagem de grãos germinados. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Na Tabela 2 são apresentados os critérios para a classificação da reação de grãos de trigo quanto à germinação pré-colheita, para as variáveis nota de germinação (observação direta da espiga), porcentagem de grãos germinados e número de queda.

Tabela 2. Critérios de classificação de grãos de trigo quanto à germinação pré-colheita para as grandezas nota de germinação, porcentagem de grãos germinados e número de queda. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Classificação da germinação de trigo na pré-colheita	Nota de germinação com observação direta da espiga*	Porcentagem de grãos germinados	Número de queda (segundos)
MR	$\leq 2,5$	$\leq 15\%$	≥ 175
MS	$> 2,5$ e < 4	$> 15\%$ e $< 40\%$	≥ 100 e < 175
S	≥ 4	$\geq 40\%$	< 100

MR: Moderadamente resistente; MS: Moderadamente suscetível; S: Suscetível.

* Conforme escala de 1 a 5 de McMaster; Derera (1976).

Todos os procedimentos, a partir da secagem inicial das espigas, foram repetidos três vezes, utilizando-se dois avaliadores para tornar possível a quantificação da precisão (repetitividade e reprodutibilidade).

A classificação final da suscetibilidade à germinação na espiga de cada genótipo foi estabelecida com base na média aritmética simples da classificação para as três grandezas, considerando os valores MR = 83,3; MS = 50,0 e S = 16,7 referentes às médias do terço superior, intermediário e inferior em escala de 0 a 100, com três classes simétricas (Figura 7 e Tabela 3).

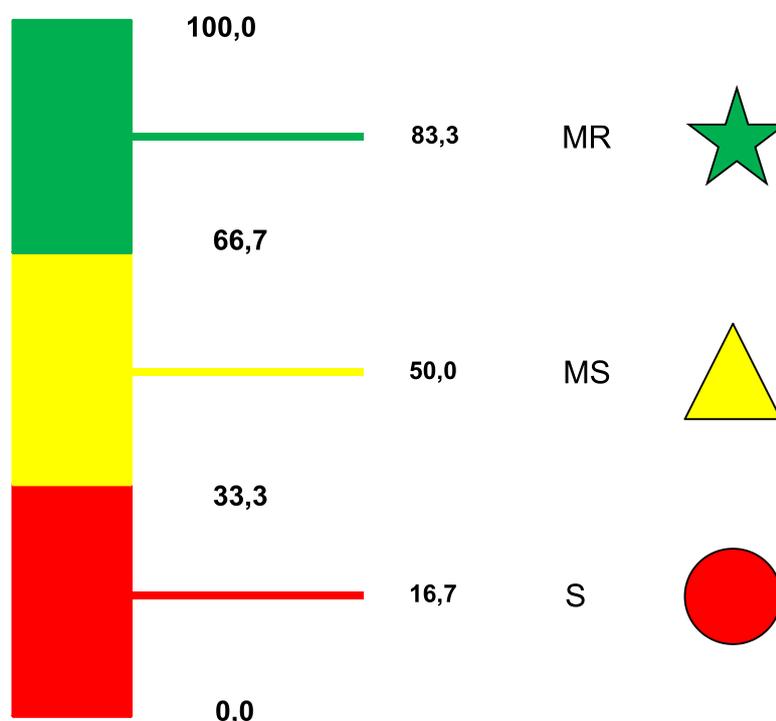


Figura 7. Valores das classes de grãos de trigo quanto à germinação pré-colheita (MR = 83,3; MS = 50,0; e S = 16,7), considerando o critério da média do terço superior, intermediário e inferior em escala variando de 0 a 100, com três classes simétricas. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Tabela 3. Classificação final da suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo de acordo com resultados das grandezas número de queda, porcentagem de grãos germinados e nota de germinação com observação direta da espiga. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Classificação da germinação de grãos de trigo na pré-colheita por grandeza						Classificação final* da germinação de trigo na pré-colheita
Número de queda (segundos)		Porcentagem de grãos germinados		Nota de germinação com observação direta da espiga		
MR ★	83,3	MR ★	83,3	MR ★	83,3	MR ★ 83,3
MR ★	83,3	MR ★	83,3	MS ▲	50,0	MR ★ 72,2
MR ★	83,3	MR ★	83,3	S ●	16,7	MS ▲ 61,1
MR ★	83,3	MS ▲	50,0	MR ★	83,3	MR ★ 72,2
MR ★	83,3	MS ▲	50,0	MS ▲	50,0	MS ▲ 61,1
MR ★	83,3	MS ▲	50,0	S ●	16,7	MS ▲ 50,0
MR ★	83,3	S ●	16,7	MR ★	83,3	MS ▲ 61,1
MR ★	83,3	S ●	16,7	MS ▲	50,0	MS ▲ 50,0
MR ★	83,3	S ●	16,7	S ●	16,7	MS ▲ 38,9
MS ▲	50,0	MR ★	83,3	MR ★	83,3	MR ★ 72,2
MS ▲	50,0	MR ★	83,3	MS ▲	50,0	MS ▲ 61,1
MS ▲	50,0	MR ★	83,3	S ●	16,7	MS ▲ 50,0
MS ▲	50,0	MS ▲	50,0	MR ★	83,3	MS ▲ 61,1
MS ▲	50,0	MS ▲	50,0	MS ▲	50,0	MS ▲ 50,0
MS ▲	50,0	MS ▲	50,0	S ●	16,7	MS ▲ 38,9
MS ▲	50,0	S ●	16,7	MR ★	83,3	MS ▲ 50,0
MS ▲	50,0	S ●	16,7	MS ▲	50,0	MS ▲ 38,9
MS ▲	50,0	S ●	16,7	S ●	16,7	S ● 27,8
S ●	16,7	MR ★	83,3	MR ★	83,3	MS ▲ 61,1
S ●	16,7	MR ★	83,3	MS ▲	50,0	MS ▲ 50,0
S ●	16,7	MR ★	83,3	S ●	16,7	MS ▲ 38,9
S ●	16,7	MS ▲	50,0	MR ★	83,3	MS ▲ 50,0
S ●	16,7	MS ▲	50,0	MS ▲	50,0	MS ▲ 38,9
S ●	16,7	MS ▲	50,0	S ●	16,7	S ● 27,8
S ●	16,7	S ●	16,7	MR ★	83,3	MS ▲ 38,9
S ●	16,7	S ●	16,7	MS ▲	50,0	S ● 27,8
S ●	16,7	S ●	16,7	S ●	16,7	S ● 16,7

MR ★: Moderadamente resistente (valor médio da classe = 83,3, com intervalo de 100 a 66,7); MS ▲: Moderadamente suscetível (valor médio da classe = 50,0, com intervalo de 66,7 a 33,3); S ●: Suscetível (valor médio da classe = 16,7, com intervalo de 33,3 a 0).

*Com base na média aritmética simples da classificação para as três grandezas.

Para avaliar a precisão, por intermédio da repetitividade do método, os resultados obtidos nas avaliações das grandezas nota de germinação com observação direta da espiga, porcentagem de grãos germinados e número de queda foram submetidos à análise estatística descritiva, calculando-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para cada genótipo. Para a reprodutibilidade intralaboratorial, esses testes estatísticos foram realizados para as grandezas nota de germinação com observação direta da espiga e porcentagem de grãos germinados.

Foi estabelecido o coeficiente de variação de 30% como valor para aceitação da precisão do método.

Adicionalmente ao Plano Mestre de Validação, um conjunto de genótipos de trigo foi avaliado pelo método por três safras (2014, 2015 e 2016), com o objetivo de verificar a existência de variação na resposta dos genótipos à germinação pré-colheita em diferentes anos de avaliação. Os resultados obtidos foram utilizados para estabelecer a descrição final do método.

Resultados e Discussão

1. Reprodutibilidade intralaboratorial do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo

Os resultados da avaliação de reprodutibilidade intralaboratorial indicaram que, ao ser aplicado o método em dois momentos distintos, os dois avaliadores encontraram resultados bastante similares para as grandezas porcentagem de grãos germinados e nota de germinação com observação direta da espiga (Tabela 4). Isso fica evidente pelos valores absolutos das quantificações efetuadas, onde o analista A foi, sistematicamente, mais rigoroso do que o analista B, mas os valores variaram pouco, com coeficientes de variação baixos, com máximo de 10%.

A nota de germinação com observação direta da espiga mostrou-se pouco eficiente, subestimando o dano por germinação pré-colheita. Por esse critério, todas as cultivares seriam classificadas como moderadamente resistentes. Por sua vez, os resultados de porcentagem de grãos germinados possibilitaram a diferenciação das cultivares, permitindo classificá-las segundo a escala proposta pelo método.

Tabela 4. Reprodutibilidade intralaboratorial do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo, para as grandezas porcentagem de grãos germinados e nota de germinação com observação direta da espiga, em cultivares de trigo representando grupos distintos de classificação quanto à germinação pré-colheita, após simulação de chuva. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Grandeza avaliada	Genótipo S ⁽²⁾	Genótipo MS ⁽³⁾	Genótipo MR ⁽⁴⁾
Grão germinado⁽¹⁾ (%)			
Analista A – tempo “X”	41,7	24,9	12,2
Analista B – tempo “X”	40,3	22,9	10,3
Analista A – tempo “Y”	45,5	28,2	11,5
Analista B – tempo “Y”	41,9	25,3	9,7
Média geral	42,3	25,3	10,9
Desvio padrão geral	2,2	2,2	1,1
Coeficiente de variação (%)	5,3	8,7	10,4
Germinação com observação direta da espiga (nota)⁽¹⁾			
Analista A – tempo “X”	2,3	1,8	1,3
Analista B – tempo “X”	1,8	1,4	1,2
Analista A – tempo “Y”	2,5	2,0	1,4
Analista B – tempo “Y”	2,1	1,6	1,2
Média geral	2,2	1,7	1,3
Desvio padrão geral (%)	0,3	0,2	0,1
Coeficiente de variação (%)	13,1	14,9	7,2

⁽¹⁾ Média de dois lotes, com cinco repetições por genótipo e dois analistas em cada lote.

⁽²⁾ Média das cultivares BRS Louro, BRS 220 e BRS Guamirim.

⁽³⁾ Média das cultivares Mirante, CD 121 e Trigo BR 18-Terena.

⁽⁴⁾ Média das cultivares Frontana, Quartzo e BRS Galha-Azul.

2. Repetitividade do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo

Os resultados da avaliação da repetitividade indicaram que foi possível diferenciar corretamente os genótipos suscetíveis, moderadamente suscetíveis e moderadamente resistentes, com valores, em média, dentro dos intervalos estabelecidos na Tabela 2 para as grandezas porcentagem de grãos germinados e número de queda (Tabela 5).

Para a grandeza nota de germinação com observação direta da espiga, os valores obtidos pelos genótipos dos diferentes grupos de suscetibilidade foram discordantes da escala proposta. Apesar desta grandeza ter apresentado baixos coeficientes de variação, o pequeno intervalo de valores entre os grupos de suscetibilidade à germinação pré-colheita dos genótipos de trigo constitui-se em fato que deve ser considerado para a decisão de utilização desta nota como critério de classificação. Observou-se que, no decorrer da avaliação visual descrita por McMaster; Derera (1976), levou-se em conta somente a presença de radícula e não o tegumento do gérmen rompido. Este critério pode subestimar o processo germinativo do grão e, com isso, influenciar na classificação quanto à germinação pré-colheita, induzindo melhoria no desempenho do genótipo. Considerando esta justificativa, optou-se por não incluir esta grandeza na descrição do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo (Anexo 2).

Analisando-se o coeficiente de variação das três grandezas (Tabela 5), observa-se que o maior valor (30%) foi obtido para porcentagem de grãos germinados, na média das cultivares moderadamente resistentes. Entretanto, este valor ainda se situa entre o estabelecido para aceitação dos parâmetros de validação do método (coeficiente de variação igual ou inferior a 30%). Considerando que, para a mensuração desta grandeza é utilizada a avaliação visual dos grãos de trigo, e que estes podem já ter iniciado o processo germinativo mesmo sem apresentar rompimento do tegumento que reveste o gérmen, deve-se considerar o risco desta análise em subestimar o processo germinativo do grão. Este fato pode levar à avaliação distorcida do desempenho da cultivar quanto a esta característica, influenciando na classificação. Assim, optou-se por não incluir esta grandeza na descrição do método para avaliar a germinação pré-colheita em trigo.

Tabela 5. Repetitividade do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo para as grandezas porcentagem de grãos germinados, nota de germinação com observação direta da espiga e número de queda de cultivares de trigo representando grupos distintos quanto à germinação pré-colheita, após simulação de chuva. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Grandeza avaliada	Genótipo S ⁽²⁾	Genótipo MS ⁽³⁾	Genótipo MR ⁽⁴⁾
Grão germinado⁽¹⁾ (%)			
Média global	49,6	31,7	14,4
Desvio padrão das médias	10,6	9,5	5,2
Coeficiente de variação (%)	19,3	24,2	30,3
Germinação com observação direta da espiga (nota)⁽¹⁾			
Média global	2,9	2,2	1,6
Desvio padrão das médias	0,9	0,6	0,4
Coeficiente de variação (%)	20,0	18,6	19,0
Número de queda (s)⁽¹⁾			
Média global	91,3	140,1	234,1
Desvio padrão das médias	19,4	43,3	41,4
Coeficiente de variação (%)	24,4	25,7	12,4

⁽¹⁾ Média de três lotes com cinco repetições por genótipo em cada lote.

⁽²⁾ Média das cultivares: BRS Louro, BRS 220 e BRS Guamirim.

⁽³⁾ Média das cultivares: Mirante, CD 121 e Trigo BR 18-Terena.

⁽⁴⁾ Média das cultivares: Frontana, Quartzo e BRS Galha-Azul.

Etapa 2. Aplicação do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo na caracterização de cultivares do Ensaio Estadual de Cultivares de Trigo

Material e Métodos

O método de simulação de chuva foi empregado na caracterização da reação à germinação pré-colheita das principais cultivares de trigo indicadas para cultivo no Rio Grande do Sul. Os experimentos foram realizados na Embrapa Trigo (latitude 28°15´S, longitude 52°24´O e 687 metros de altitude), em Passo Fundo, RS, nos anos 2014, 2015 e 2016.

Em 2014, foram caracterizadas 33 cultivares de trigo participantes do Ensaio Estadual de Cultivares de Trigo (EECT 2014); em 2015, foram caracterizadas 38 cultivares (30 participantes do EECT 2015); e, em 2016, foram caracterizadas 32 cultivares (29 participantes do EECT 2016). As datas de semeadura dos experimentos de campo foram 20/06/2014, 06/07/2015 e 24/06/2016, respectivamente.

Os experimentos de campo foram delineados em blocos ao acaso com três repetições, sendo a unidade experimental constituída por 5 linhas de 5 m de comprimento e 0,2 m de espaçamento entre linhas. A densidade de semeadura foi de 66 sementes aptas por metro (330 sementes m⁻²), em sistema de plantio direto. A adubação e os tratos culturais empregados foram realizados de acordo com as indicações técnicas para a cultura do trigo (REUNIÃO..., 2014a, 2014b, 2016).

Na maturação fisiológica de cada cultivar, foram colhidas, aleatoriamente, 60 espigas em cada parcela, retiradas do colmo principal das plantas. As espigas foram conservadas em ambiente coberto (sem exposição direta ao sol), ventilado, com temperatura do ar inferior a 30 °C, durante 15 dias, para redução e uniformização da umidade (próximo a 13%). Após a secagem, as espigas foram armazenadas em freezer horizontal, com temperatura de -18 °C, até o momento em que o último genótipo foi colhido, seco e armazenado por, no mínimo, 2 dias no freezer.

A seguir, as espigas foram retiradas do freezer e deixadas para descongelar por 12 horas. A amostra de 60 espigas de cada unidade experimental foi dividida em 2 partes, com 30 espigas cada: uma foi destinada ao teste de simulação de chuva, e a outra foi destinada ao Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo para análise do número de queda, antes da simulação de chuva.

No teste de simulação de chuva, as 30 espigas de cada unidade experimental foram agrupadas e amarradas conjuntamente e foram dispostas em estrado de ferro, de modo a evitar a sobreposição das mesmas, sob nebulização intermitente (ciclos de 15 minutos com simulação de chuva e 5 minutos sem) durante 64 horas (precipitação total de 640 mm, aproximadamente), em câmara para simulação de chuva, com temperatura do ar interno de 20 °C (\pm 3 °C).

O delineamento experimental permaneceu o mesmo do campo, em blocos casualizados com 3 repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma amostra de 30 espigas.

Após o término das nebulizações (simulação de chuva), as espigas foram secas em estufa com circulação de ar, a 40 °C, até peso constante, quando, então, foram trilhadas manualmente e analisadas visualmente com lupa quanto à emissão de radícula (primeiro indício visível de germinação). Amostras de grãos de cada amostra de espigas (unidade experimental) foram encaminhadas ao laboratório para análise do número de queda depois do teste de simulação de chuva.

Os dados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do programa computacional GENES (Cruz, 2006), a fim de verificar o valor do coeficiente de variação experimental (CV desejável < 30%).

Considerando o valor de número de queda, as cultivares de trigo foram classificadas em três categorias: MR (moderadamente resistente); MS (moderadamente suscetível) e S (suscetível) à germinação pré-colheita, conforme apresentado na Tabela 6.

Considerando os três anos de avaliação, foi proposto o seguinte critério de classificação final de genótipos de trigo: moderadamente resistente (MR) – genótipos moderadamente resistentes à germinação pré-colheita em todos os anos ou na maioria dos anos de avaliação, sem manifestar suscetibilidade em nenhum ano; suscetível (S) – genótipos suscetíveis à germinação pré-colheita em todos os anos ou na maioria dos anos de avaliação, sem manifestar moderada resistência em nenhum ano; moderadamente suscetível (MS) – demais combinações (Tabela 7).

Tabela 6. Classificação da germinação pré-colheita em trigo de acordo com resultados da grandeza número de queda. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Classificação da germinação pré-colheita em trigo	Número de queda (segundos)
MR ★	≥ 175
MS ▲	≥ 100 e < 175
S ●	< 100

MR ★ : Moderadamente resistente; MS ▲ : Moderadamente suscetível; S ● : Suscetível.

Tabela 7. Classificação final de genótipos de trigo após aplicação do método para avaliar a germinação pré-colheita. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Classe	Critérios
MR ★	Todos os anos MR ou maioria dos anos MR, sem nenhum ano S
MS ▲	Demais combinações
S ●	Todos os anos S ou maioria dos anos S, sem nenhum ano MR

MR ★ : Moderadamente resistente; MS ▲ : Moderadamente suscetível; S ● : Suscetível.

Resultados e Discussão

Avaliações anuais

Em 2014, as médias de número de queda (NQ) variaram de 62 s a 224 s. Neste ano, 15,2% das cultivares avaliadas foram classificadas como moderadamente resistentes à germinação pré-colheita, 30,3% foram moderadamente suscetíveis e 54,5%, suscetíveis (Tabela 8).

Em 2015, as médias de NQ variaram 80 s a 268 s. Neste ano, 76,3% das cultivares avaliadas foram classificadas como moderadamente resistentes à germinação pré-colheita, 15,8% foram moderadamente suscetíveis e 7,9%, suscetíveis (Tabela 9).

Em 2016, as médias de NQ variaram de 65 s a 378 s. Neste ano, 84,4% das cultivares avaliadas foram classificadas como moderadamente resistentes à germinação pré-colheita, 6,3% foram moderadamente suscetíveis e 9,4%, suscetíveis (Tabela 10).

Tabela 8. Média do número de queda (NQ), em segundos, e classificação quanto à germinação pré-colheita, após simulação de chuva, em 33 cultivares de trigo indicadas para cultivo no Rio Grande do Sul em 2014. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Cultivar	Obtento	NQ	Classificação quanto à germinação pré-colheita
CD 1440	Coodetec	224	MR ★
Celebra	Biotrigo	204	MR ★
Jadeíte 11	OR Sementes	199	MR ★
LG Prisma	Limagrain	187	MR ★
Quartzo	OR/Biotrigo	178	MR ★
Estrela Átria	Biotrigo	167	MS ▲
TBIO Iguaçu	Biotrigo	162	MS ▲
TBIO Sinuelo	Biotrigo	158	MS ▲
TEC 10	CCGL Tec	153	MS ▲
Fundacep Bravo	Fundacep	151	MS ▲
LG Oro	Limagrain	138	MS ▲
ORS Vintecinco	OR Sementes	133	MS ▲
Fundacep Horizonte	Fundacep	130	MS ▲
CD 1550	Coodetec	122	MS ▲
TBIO Pioneiro 2010	Biotrigo	105	MS ▲
TBIO Itaipu	Biotrigo	94	S ●
IAC 385 Mojave	IAC	92	S ●
TBIO Sintonia	Biotrigo	90	S ●
BRS Marcante	Embrapa	88	S ●
Ametista	OR Sementes	82	S ●
BRS 327	Embrapa	73	S ●
TBIO Mestre	Biotrigo	73	S ●
IAC 370 Armagedon	IAC	70	S ●
BRS Guamirim	Embrapa	70	S ●
BRS 331	Embrapa	62	S ●
BRS Parrudo	Embrapa	62	S ●
FPS Nitron	Fundação Pró-Sementes	62	S ●
Marfim	OR/Biotrigo	62	S ●
Mirante	OR/Biotrigo	62	S ●
TEC Frontale	CCGL Tec	62	S ●
TEC Vigore	CCGL Tec	62	S ●
Topázio	OR Sementes	62	S ●
IAC 381 Kuara	IAC	62	S ●
Média		112,1	
CV (%)		24,2	

MR ★ : Moderadamente resistente; MS ▲ : Moderadamente suscetível; S ● : Suscetível.

Tabela 9. Média do número de queda (NQ), em segundos, e classificação quanto à germinação pré-colheita, após simulação de chuva, em 38 cultivares de trigo indicadas para cultivo no Rio Grande do Sul em 2015. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Cultivar	Obtentor	NQ	Classificação quanto à germinação pré-colheita
CD 1440	Coodetec	268	MR ★
Frontana	Secretaria da Agricultura-RS	262	MR ★
Jadeíte 11	OR Sementes	247	MR ★
Celebra	Biotrigo	244	MR ★
TBIO Iguaçú	Biotrigo	239	MR ★
Estrela Átria	Biotrigo	236	MR ★
LG Oro	Limagrain	234	MR ★
ORS Vintecinco	OR Sementes	232	MR ★
LG Prisma	Limagrain	231	MR ★
BRS Pastoreio	Embrapa	222	MR ★
TBIO Sintonia	Limagrain	221	MR ★
TEC 10	CCGL Tec	217	MR ★
TBIO Alvorada	Biotrigo	214	MR ★
Esporão	Coodetec	212	MR ★
Ônix	OR/Biotrigo	207	MR ★
TBIO Toruk	Biotrigo	205	MR ★
BRS 327	Embrapa	201	MR ★
TEC Frontale	CCGL Tec	198	MR ★
TBIO Pioneiro 2010	Biotrigo	197	MR ★
BRS Tarumã	Embrapa	197	MR ★
Ametista	OR Sementes	194	MR ★
BRS Umbu	Embrapa	190	MR ★
Quartzo	OR/Biotrigo	188	MR ★
Mirante	OR/Biotrigo	186	MR ★
TBIO Itaipu	Biotrigo	180	MR ★
TBIO Sinuelo	Biotrigo	180	MR ★
BRS Reponte	Embrapa	177	MR ★
Marfim	OR/Biotrigo	176	MR ★
BRS Marcante	Embrapa	176	MR ★
CD 1805	Coodetec	168	MS ▲
Topázio	OR Sementes	159	MS ▲
TBIO Mestre	Biotrigo	157	MS ▲
BRS 374	Embrapa	137	MS ▲
TBIO Tibagi	Biotrigo	129	MS ▲
BRS Guamirim	Embrapa	124	MS ▲
BRS Parrudo	Embrapa	93	S ●
BRS 331	Embrapa	88	S ●
BRS Louro	Embrapa	80	S ●
Média		191,1	
CV (%)		14,4	

MR ★ : Moderadamente resistente; MS ▲ : Moderadamente suscetível; S ● : Suscetível.

Tabela 10. Média do número de queda (NQ), em segundos, e classificação quanto à germinação pré-colheita, após aplicação da simulação de chuva, em 32 cultivares de trigo indicadas para cultivo no Rio Grande do Sul em 2016. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Cultivar de trigo	Obtento	NQ	Classificação quanto à germinação pré-colheita
TBIO Pioneiro 2010	Biotrigo	378	MR ★
Frontana	Secretaria da Agricultura-RS	369	MR ★
LG Oro	Limagrain	358	MR ★
LG Prisma	Limagrain	358	MR ★
BRS 327	Embrapa	336	MR ★
TBIO Itaipu	Biotrigo	334	MR ★
ORS Vintecinco	OR Sementes	332	MR ★
TBIO Iguaçu	Biotrigo	331	MR ★
CD 1104	Coodetec	331	MR ★
BRS Parrudo	Embrapa	320	MR ★
TBIO Sossego	Biotrigo	316	MR ★
TBIO Mestre	Biotrigo	309	MR ★
TBIO Sinuelo	Biotrigo	306	MR ★
CD 1440	Coodetec	299	MR ★
BRS Reponte	Embrapa	286	MR ★
ORS 1401	OR Sementes	277	MR ★
Quartzo	OR/Biotrigo	273	MR ★
CD 1805	Coodetec	268	MR ★
TBIO Toruk	Biotrigo	263	MR ★
Ametista	OR Sementes	259	MR ★
TBIO Sintonia	Biotrigo	252	MR ★
Campeiro	OR/Biotrigo	239	MR ★
TBIO Noble	Biotrigo	239	MR ★
Jadeíte 11	OR Sementes	238	MR ★
Topázio	OR Sementes	234	MR ★
BRS Marcante	Embrapa	233	MR ★
Marfim	OR/Biotrigo	177	MR ★
TBIO Tibagi	Biotrigo	164	MS ▲
Esporão	Coodetec	115	MS ▲
BRS Guamirim	Embrapa	70	S ●
BRS Louro	Embrapa	69	S ●
BRS 331	Embrapa	65	S ●
Média		262,5	
CV (%)		14,0	

MR ★: Moderadamente resistente; MS ▲: Moderadamente suscetível; S ●: Suscetível.

Avaliação do triênio 2014, 2015 e 2016

Os resultados da caracterização de 20 cultivares analisadas pelo método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo, por três anos (2014, 2015 e 2016), estão apresentados na Tabela 11.

Em geral, constatou-se a existência de variação na resposta dos genótipos à germinação pré-colheita entre os anos (safras agrícolas) de avaliação. Do total de 20 cultivares, apenas 5 (BRS 331, CD 1440, Jadeíte 11,

LG Prisma e Quartzo) mantiveram a mesma resposta nos três anos de avaliação (moderadamente resistente). Por outro lado, as cultivares TBIO Mestre e Topázio tiveram respostas diferentes nos três anos.

Os resultados evidenciaram a importância da interação genótipo x ambiente (ano de produção) na resposta à germinação pré-colheita em trigo. Os genótipos com resistência genética tendem a manter a resposta de resistência no decorrer dos anos. Da mesma forma, os genótipos suscetíveis tendem a manter a resposta de suscetibilidade no decorrer dos anos. No entanto, os genótipos intermediários ou moderadamente suscetíveis tendem a apresentar resposta variável entre os anos (de moderadamente resistente a moderadamente suscetível ou de moderadamente suscetível a suscetível, por exemplo). Conseqüentemente, por razões de confiabilidade nos dados para realização da classificação final, recomenda-se a avaliação por, no mínimo, três anos (safras agrícolas).

Tabela 11. Classificação de cultivares de trigo após aplicação do método para avaliar a germinação pré-colheita, com base na grandeza número de queda, nos anos 2014, 2015 e 2016. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Cultivar de trigo	Germinação pré-colheita			Classificação final
	2014	2015	2016	
Ametista	S ●	MR ★	MR ★	MS ▲
BRS 327	S ●	MR ★	MR ★	MS ▲
BRS 331	S ●	S ●	S ●	S ●
BRS Guamirim ¹	S ●	MS ▲	S ●	S ●
BRS Louro ²	-	S ●	S ●	S ●
BRS Marcante	S ●	MR ★	MR ★	MS ▲
BRS Parrudo	S ●	S ●	MR ★	MS ▲
CD 1440	MR ★	MR ★	MR ★	MR ★
Frontana ^{2, 3}	-	MR ★	MR ★	MR ★
Jadeíte 11	MR ★	MR ★	MR ★	MR ★
LG Oro	MS ▲	MR ★	MR ★	MR ★
LG Prisma	MR ★	MR ★	MR ★	MR ★
Marfim	S ●	MR ★	MR ★	MS ▲
ORS Vintecinco	MS ▲	MR ★	MR ★	MR ★
Quartzo ³	MR ★	MR ★	MR ★	MR ★
TBIO Iguaçu	MS ▲	MR ★	MR ★	MR ★
TBIO Itaipu	S ●	MR ★	MR ★	MS ▲
TBIO Mestre	S ●	MS ▲	MR ★	MS ▲
TBIO Pioneiro	MS ▲	MR ★	MR ★	MR ★
TBIO Sintonia	S ●	MR ★	MR ★	MS ▲
TBIO Sinuelo	MS ▲	MR ★	MR ★	MR ★
Topázio	S ●	MS ▲	MR ★	MS ▲

¹ Testemunha suscetível;

² Cultivar que participou de dois anos de ensaio (2015 e 2016);

³ Testemunha moderadamente resistente.

MR ★: Moderadamente resistente; MS ▲: Moderadamente suscetível; S ●: Suscetível.

Assim, considerando os critérios propostos, após aplicação do método nos anos 2014, 2015 e 2016, as cultivares de trigo CD 1440, Jadeíte 11, LG Oro, LG Prisma, ORS Vintecinco, Quartzo, TBIO Iguaçu, TBIO Pioneiro 2010 e TBIO Sinuelo foram classificadas como moderadamente resistentes (MR); as cultivares Ametista, BRS 327, BRS Marcante, BRS Parrudo, Marfim, TBIO Itaipu, TBIO Mestre, TBIO Sintonia e Topázio, como moderadamente suscetíveis (MS); e as cultivares BRS 331 e BRS Guamirim, como suscetíveis (S) à germinação pré-colheita (Tabela 7 e Tabela 11).

Salienta-se que a classificação das cultivares Quartzo e BRS Guamirim correspondeu aos conceitos de testemunha moderadamente resistente (MR) e de testemunha suscetível (S). Da mesma forma, embora com dois anos de avaliação (2015 e 2016), as cultivares Frontana e BRS Louro também foram classificadas, respectivamente, como moderadamente resistente (MR) e suscetível (S), concordando com as indicações de cultivares testemunhas.

O efeito de genótipos foi altamente significativo pelo teste F da análise de variância para a variável número de queda (NQ), nos três anos de estudo, evidenciando diferenças na reação das cultivares de trigo à germinação pré-colheita. O coeficiente de variação experimental foi de 24,2% no ano 2014, 14,2% no ano 2015 e 14,0% no ano 2016 (tabelas 9, 10 e 11), sempre inferior a 30%, independentemente do ano de avaliação.

A variação da classificação de algumas cultivares entre os anos deve-se, provavelmente, ao efeito que as condições ambientais anteriores ao estágio de maturação fisiológica exerceram na quebra de dormência dos grãos.

Na Tabela 12 são apresentadas as comparações entre a classificação final quanto à suscetibilidade à germinação na espiga das cultivares de trigo estudadas e a classificação comunicada pelo obtentor, por meio da publicação "Informações Técnicas para Trigo e Triticale – safra 2017 (REUNIÃO..., 2017), mostrando discrepâncias entre os resultados obtidos pelo método validado e os métodos empregados pelos obtentores, o que justifica o emprego de um método único, padronizado, para tornar os resultados comparáveis entre si.

Tabela 12. Comparação entre classificação final de cultivares de trigo, após aplicação do método para avaliar a germinação pré-colheita, e classificação referenciada pelo obtentor. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Cultivar de trigo	Germinação pré-colheita	
	Classificação pelo método	Classificação do obtentor ¹
Ametista	MS ▲	MR
BRS 327	MS ▲	MR
BRS 331	S ●	MS
BRS Guamirim	S ●	MR
BRS Louro	S ●	MS
BRS Marcante	MS ▲	MS
BRS Parrudo	MS ▲	MS
CD 1440	MR ★	R/MR
Jadeíte 11	MR ★	R
LG Oro	MR ★	MR
LG Prisma	MR ★	MR
Marfim	MS ▲	MR/MS
ORS Vintecinco	MR ★	R
Quartzo3	MR ★	R/MR
TBIO Iguaçú	MR ★	MR
TBIO Itaipu	MS ▲	MR
TBIO Mestre	MS ▲	MR/MS
TBIO Pioneiro	MR ★	MR
TBIO Sintonia	MS ▲	R/MR
TBIO Sinuelo	MR ★	R/MR
Topázio	MS ▲	MR/MS

MR ★: Moderadamente resistente; MS ▲: Moderadamente suscetível; S ●: Suscetível.

¹ Fonte: Reunião... (2017).

Conclusões

Os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir que:

- O método proposto neste trabalho, para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo, apresenta precisão, comprovada estatisticamente, nos parâmetros reprodutibilidade intralaboratorial e repetitividade;
- O método proposto para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo com base na grandeza número de queda é eficiente em discriminar e em reproduzir padrões de suscetibilidade à germinação na espiga em genótipos de trigo, que podem variar em três grupos: moderadamente resistente; moderadamente suscetível e suscetível;
- O emprego das grandezas nota de germinação, com observação direta da espiga, e porcentagem de grãos germinados pode subestimar a classificação de suscetibilidade dos genótipos de trigo, sendo essas suprimidas na descrição do método proposto para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo;
- Levando-se em conta a variação entre anos, indica-se o emprego do método de simulação de chuva para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo por, no mínimo, três anos (safras agrícolas).

Agradecimentos

Os autores agradecem aos empregados do Laboratório de Qualidade Tecnológica de Trigo e das áreas de Sistemas de Produção e de Melhoramento Genético de Trigo da Embrapa Trigo pelo auxílio na realização deste trabalho.

Referências

- ALBANO, F. M.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T. **Validação e garantia da qualidade de ensaios Laboratoriais**. Porto Alegre: Rede Metrológica RS, 2009. 136 p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Falling number determination: AACC method 56-81B. In: AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10. ed. Saint. Paul, 2000. 2 v.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17.025**: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2001. 20 p.
- BAINOTTI, C.; CUNIBERTI, M.; MASIERO, B.; DONAIRE, G.; GÓMEZ, D.; REARTES, F.; SALINES, J.; FORMICA, M.; FRASCHINA, J.; NISI, J.; MIR, L.; BERRA, O. Characterization of wheat cultivars for pre-harvest sprouting. **Agriscientia**, v. 26, n. 1, p. 29-33, 2009.
- BHATT, G. M.; PAULSEN, G. M.; KULP, K.; HEYNE, E. G. Preharvest sprouting in hard winter wheats assessment of methods to detect genotypic and nitrogen affects and interactions. **Cereal Chemistry**, v. 58, n. 4, p. 300-302, 1981.
- BIDDULPH, T. B.; PLUMMER, J. A.; SETTER, T. L.; MARES, D. J. Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. **Field Crops Research**, v. 107, n. 2, p. 116-128, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 229, 1 dez. 2010. Seção 1.

- CASTRO, V. L. S. S. de. **Aspectos gerais da validação de métodos químicos, biológicos e computacionais na gestão da qualidade de resultados de pesquisa**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 28 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 75).
- CIACCO, C. F.; CHANG, Y. K. **Massas: tecnologia e qualidade**. São Paulo: Ícone; Campinas: Ed. UNICAMP, 1986. 127 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285 p.
- CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; PASINATO, A. Introdução ao problema da germinação pré-colheita em trigo no Brasil. In: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. (Ed.). **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. p. 11-20.
- DERERA, N. F. The effects of preharvest rain. In: DERERA, N. F. **Preharvest field sprouting in cereals**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 1-14.
- FALLING NUMBER. **Falling number method**. Stockholm, 1985. 3 p. (Falling number bulletin, 54).
- FRANCO, F. de A.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I.; PREDEBON, C. T.; MARCHIORO, V. S. Tolerância à germinação na espiga em cultivares de trigo colhido na maturação fisiológica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2396-2401, 2009.
- GREENAWAY, W. T. The sprouted wheat problem: the search for a solution. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 12, p. 390, 1969.
- GREENAWAY, W. T.; NEUSTADT, M. H. Estimation and control of experimental error in the falling number test. **Cereal Science Today**, v. 12, n. 5, p. 182, 1967.
- HAGBERG, S. A rapid method for determining alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, v.37, n. 2, p. 218-222, 1960.
- HAGBERG, S. Note on a simplified rapid method for determining alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, v. 38, n. 2, p. 202-203, 1961.
- HAGEMANN, M. G.; CIHA, A. J. Evaluation of methods used in testing winter wheat susceptibility to preharvest sprouting. **Crop Science**, v. 24, n. 2, p. 249-254, 1984.
- HICKEY, L. T.; DIETERS, M. J.; DeLACY, I. H.; CHRISTOPHER, M. J.; KRAVCHUK, O. Y.; BANKS, P. M. Screening for grain dormancy in segregating generations of dormant 3 non-dormant crosses in white-grained wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, v. 172, n. 2, p. 183-195, 2010.
- HUMPHREYS, D. G.; NOLL, J., Methods for characterization of preharvest sprouting resistance in a wheat breeding program. **Euphytica**, v. 126, n. 1, p. 61-65, 2002.
- INMETRO. **DOC-CGECRE 008 – Orientação sobre validação de métodos analíticos**. Rev. 4, jul/2011. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-8_04.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.
- KUMAR, J.; MIR, R. R.; KUMAR, N.; KUMAR, A.; MOHAN, A.; PRABHU, K. V.; BALYAN, H. S.; GUPTA, P. K. Marker-assisted selection for pre-harvest sprouting tolerance and leaf rust resistance in bread wheat. **Plant Breeding**, v. 129, n. 6, p. 617-621, 2010.
- LINHARES, A. G.; GUARIENTI, E. M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R. **Avaliação de germinação na espiga em genótipos de trigo em experimentação no Paraná, em 1995**. [Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996a]. 8 p. Não publicado.

- LINHARES, A. G.; GUARIENTI, E. M.; MOREIRA, J. C. S. **Avaliação de germinação na espiga em genótipos de trigo em experimentação no Rio Grande do Sul, em 1995.** [Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996b]. 8 p. Não publicado.
- LORENZ, K.; WOLT, M. Effect of altitude on falling number values of flours. **Cereal Chemistry**, v. 58, n. 2, p. 80, 1981.
- MANSOUR, K. Sprout damage in wheat and its effect on wheat flour products. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREAL, 6, 1993, Detmold, Germany. **Proceedings...** St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 8-9.
- MARES, D. J. Investigation of pre-harvest sprouting damage resistance mechanisms in some Australian white wheats. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVESTING IN CEREAL, 3., 1982, Manitoba. **Proceedings...** Boulder, Colorado: West Viewpress, 1982. p. 59-65
- MARES, D. J.; GALE, M. D. Control of alpha-amylase synthesis in wheat grains. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 5, 1990, Boulder. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1990. p. 183-194, 1990.
- MARES, D. J.; MRVA, K. Late maturity α -amylase in wheat. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 6, 1993, Detmond, Germany. **Proceedings...** St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p. 178-184.
- MARES, D. J.; MRVA, K.; PANOZZO, J. F. Characterization of the high α -amylase levels in grain of the wheat cultivar BD 159. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 45, n. 5, p. 1003-1011, 1994.
- McCAIG, T. N.; DePAUW, R. M. Breeding for preharvest sprouting tolerance in white-seed-coat spring wheat. **Crop Science**, v. 32, n. 1, p. 19-23, 1992.
- McMASTER, G. J.; DERERA, N. F. Methodology and sample preparation when screening for sprouting damage in cereals. **Cereal Research Communications**, v. 4, n. 2, p. 251-254, 1976.
- MEREDITH, P. Tube dimensions as a significant variable in the falling number test. **Cereal Science Today**, v. 15, n. 11, p. 378, 1970.
- MUNKVOLD, J. D.; TANAKA, J.; BENSCHER, B.; SORRELLS, M. E. Mapping quantitative trait loci for preharvest sprouting resistance in white wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 119, n. 7, p. 1223-1235, 2009.
- OKUYAMA, L. A.; RIEDE, C. R.; CAMPOS, L. A. C. Avaliação preliminar de germinação na espiga em genótipos de trigo indicados para cultivo no Paraná. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA PESQUISA DE TRIGO, 19.; REUNIÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRITICALE, 10.; SEMINÁRIO TÉCNICO DE TRIGO, 5., 2004, Londrina. **Atas, resumos e palestras...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 47-49. (Embrapa Soja. Documentos, 2).
- OLSON, G.; MATTSSON, B. Seed dormancy in wheat under different weather conditions. **Cereal Research Communications**, v. 4, n. 2, p. 181-186, 1976.
- PATERSON, A. H.; SORRELLS, M. E. Inheritance of grain dormancy in white-kernelled wheat. **Crop Science**, v. 30, n. 1, p. 25-30, 1990.
- PERTEN, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, v. 41, n. 3, p. 127, 1964.
- REIS, M. S. dos; CARVALHO, F. I. F. de. Eficiência de três métodos artificiais para identificação da variabilidade do caráter germinação na espiga em trigo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 1, p. 63-72, 1989.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7., 2013, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2014**. Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale; Fundação Meridional, 2014a. 235 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 9., 2014. Canela. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2015**. Brasília, DF: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2014b. 229 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 9.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 10., 2015. Passo Fundo. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2016**. Passo Fundo: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016. 228 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016. Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2017**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

SHARMA, S. K.; DHALIWAL, H. S.; MULTANI, D. S.; BAINS, S. S. Inheritance of preharvest sprouting tolerance in *Triticum aestivum* and its transfer to an amber-grained cultivar. **The Journal of Heredity**, v. 85, n. 4, p. 312-314, 1994.

SINGH, R.; MATUS-CÁDIZ, M.; BÅGA, M.; HUCL, P.; CHIBBAR, R. N. Comparison of different methods for phenotyping preharvest sprouting in white-grained wheat. **Cereal Chemistry**, v. 85, n. 2, p. 238-242, 2008.

TIPPLES, K. H. A note on sample size error in the falling number test. **Cereal Chemistry**, v. 48, n. 1, p. 85, 1971.

UPADHYAY, M. P.; MORRIS, C. F.; PAULSEN, G. M. Characterization of preharvest sprouting resistance in Clark's Cream white winter wheat. **Euphytica**, v. 38, n. 1, p. 85-92, 1988.

Anexo 1 – Padrão construtivo, condições ambientais e operacionais da câmara de simulação de chuva usada no método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo

As especificações técnicas da câmara de simulação de chuva construída para aplicação do método de avaliação da germinação pré-colheita em genótipos de trigo estão descritas a seguir:

- Painéis e porta termoisolantes, com espessura de 100 mm e com dimensões externas de 4,70 m de comprimento x 2,60 m de largura x 2,40 m de altura (Figura 8);
- Corpo da válvula de expansão 3/8, bobina da válvula solenoide 3/8, tubo de cobre flexível 3/8 - 5/8;
- Quadro de comando com visor líquido, resistência para aquecimento e tubo isolante 5/8;
- Unidade condensadora de 2,5 HP e evaporador com quatro motores com hélice (para garantir a temperatura interna de operação entre 20 °C e 23 °C) ou outra potência proporcional às dimensões da câmara;
- Sistema de aspersão de água para simular chuva que garanta umidade relativa do ar igual ou superior a 90% e distribuição uniforme da precipitação no seguinte regime: 640 mm em 64 h (figuras 9 e 10);
- Sistemas de medição e armazenamento de dados sobre umidade relativa do ar, temperatura e precipitação pluvial ou sensores para medição e armazenamento de dados de temperatura e umidade relativa do ar e pluviógrafo - manual ou digital (Figura 11 e Figura 12);
- Estrados de ferro ou outro material similar para suporte de espigas de trigo durante o teste de simulação de chuva (Figura 12).



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 8. Vista frontal da câmara de simulação de chuva. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.



Fotos: João Leonardo Fernandes Pires



Figura 9. Vista geral do sistema de irrigação para simular chuva (a) e detalhe da unidade condensadora e evaporador (b). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.



Figura 10. Sistema de irrigação funcionando (a); detalhe do microaspersor utilizado para simular a chuva (b). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS 2017.



Fotos: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 11. Sensores para medição de dados de temperatura e de umidade relativa do ar. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 12. Estrados de ferro para suporte de espigas de trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 1/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		

Anexo 2 – Descrição do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo

1. **Identificação:** Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo. A representação esquemática pode ser visualizada na Figura 13.
2. **Escopo do método:** Avaliar e classificar genótipos de trigo quanto à germinação pré-colheita.
3. **Descrição do item de ensaio ou calibração:** Genótipos de trigo.
4. **Grandeza a ser ensaiada:** Número de queda – acima de 62 segundos.
5. **Equipamentos necessários para desempenho técnico:**
 - 5.a Semeadora – o tipo de semeadora deverá garantir a implantação do ensaio de campo com espaçamento entre linhas entre 17 cm e 20 cm, com 300 a 330 sementes aptas por metro quadrado;
 - 5.b Pulverizador – o tipo de pulverizador deverá garantir eficiente controle de doenças, de pragas e de plantas daninhas no ensaio;
 - 5.c Freezer – com capacidade de ajuste de temperatura interna para -18 °C. Será utilizado caso o material coletado tenha que esperar mais que sete dias para realização do teste de simulação de chuva;
 - 5.d Câmara de simulação de chuva – a câmara de simulação de chuva poderá ser de concreto, câmara climática de crescimento de plantas tipo Fitotron ou outro tipo, desde que garanta as condições ambientais preconizadas para realização da simulação de chuva (item 6.b). A câmara deverá ser dotada de sistemas de medição e de armazenamento de dados sobre umidade relativa do ar, temperatura e precipitação pluvial. Caso a câmara de simulação de chuva não seja dotada de sistema de medição e de armazenamento de dados das condições ambientais, deverão ser utilizados sensores para medição e armazenamento de dados de temperatura e de umidade relativa do ar e pluviógrafo – manual ou digital;
 - 5.e Estufa para secagem com circulação de ar – O equipamento, devidamente calibrado, tem o objetivo de garantir a secagem das espigas em temperatura inferior a 40 °C com queda rápida nos teores de umidade, a fim de paralisar o processo de germinação;
 - 5.f Sistema “Falling number” – composto por moinho “Falling Number” e aparelho “Falling Number”, marca Perten. Este sistema é utilizado para avaliar o número de queda de amostras de farinha de trigo.
6. **Condições ambientais:**
 - 6.a Ensaio conduzidos a campo – para a obtenção das amostras, os ensaios deverão ser conduzidos em condições de campo que propiciem crescimento e potencial produtivo compatíveis com lavouras comerciais e com as características específicas de cada cultivar, evitando-se competição com plantas daninhas, pragas e doenças. O objetivo é produzir amostras em quantidade e qualidade suficientes para a realização das demais etapas do método. É importante que, tão logo ocorra a maturação fisiológica (definida indiretamente pela visualização da planta), as espigas sejam coletadas, a fim de evitar efeitos negativos do ambiente (chuvas, golpes de calor, entre outros). Estes fatores podem interferir nos resultados e até mesmo desqualificar as amostras para a aplicação do método (por estarem já em início de germinação, por exemplo).

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 2/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		

6.b Câmara de simulação de chuva – a câmara deverá ser operada com umidade relativa do ar igual ou superior a 90% e temperatura do ar interno entre 20 °C e 23 °C. O sistema de aspersão para simular chuva deve garantir distribuição uniforme da precipitação de 640 mm em 64 horas (10 mm/hora). Estas condições foram definidas para que, ao final desse período e nesta faixa de temperatura interna, as cultivares suscetíveis já estejam com germinação visível, e aquelas com maior nível de resistência, ainda não. Assim, é possível criar um gradiente de germinação que permita classificar as cultivares em diferentes níveis de germinação pré-colheita.

6.c Estufa para secagem com circulação de ar – a secagem deverá ser executada a 40 °C por 60 horas ou até que o material atinja 13% umidade.

7. Testemunhas, obtenção, coleta, transporte, conservação e preparação das amostras:

7.a Cultivares testemunhas – juntamente com os genótipos a serem classificados, devem ser utilizadas cultivares testemunhas de resposta conhecida, que serão cultivadas a campo nas mesmas condições de ambiente e de manejo dos genótipos em análise. Em função da consistência na resposta em relação à germinação pré-colheita, sugere-se que as cultivares abaixo sejam utilizadas como testemunhas nas suas respectivas classes:

- Testemunhas suscetíveis (S ●) – BRS Guamirim e BRS Louro.
- Testemunhas moderadamente suscetíveis (MS ▲) – CD 121 e Mirante.
- Testemunhas moderadamente resistentes (MR ★) – Frontana e Quartzó.

7.b Obtenção das amostras - os tratos culturais das parcelas de campo para a obtenção das amostras (espigas de trigo) dos genótipos a serem avaliados quanto à germinação pré-colheita serão realizados de acordo com as Informações Técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, relativas ao ano de avaliação. Deverão ser realizados controles de plantas daninhas, de pragas e de doenças, bem como, se possível, o registro dos dados meteorológicos, especialmente de temperaturas mínima, média e máxima do ar e precipitação pluvial diária, visando à caracterização do ambiente de produção das amostras. As parcelas de campo deverão ter área mínima para coleta de 3 amostras aleatórias de 60 espigas (3 x 60 = 180 espigas ao total) por parcela, com população entre 300 e 330 plantas/m², com repetições suficientes para garantir a quantidade de espigas necessárias para a realização do método. Se os genótipos em avaliação forem de diferentes ciclos, deverão ser semeados em épocas diferentes, em função do ciclo, respeitando-se o zoneamento agrícola, de forma a permitir a coleta das amostras o mais próximo possível (a condição ideal de intervalo de coleta é de, no máximo, cinco dias entre os genótipos). Alternativamente, pode-se agrupar as cultivares por ciclo com semeadura em uma mesma época e colheita bastante próxima entre os genótipos.

7.c Coleta das amostras - cortar com tesoura 60 espigas da área útil de cada repetição (linhas centrais) na maturação fisiológica, utilizando, como critério indireto para definir a maturação fisiológica, o momento em que as espigas estejam secando com pedúnculo amarelado e nó ainda verde (Figura 14). Cortar as espigas no segundo nó de cima para baixo e eliminar as folhas (para que as mesmas não transmitam umidade à espiga), preservando o pedúnculo. Após, amarrar as espigas conjuntamente (amostra total com 60 espigas), com a devida identificação.

7.d Transporte das amostras - transportar as amostras de espigas em caixas de papelão, buscando manter a integridade das mesmas. Dividir as amostras em várias caixas e não colocar quantidade grande

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 3/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		

de amostras em cada caixa, para evitar danos nas espigas ou debulha. O tempo de transporte das amostras até o local de processamento e conservação das mesmas deve ser o mais breve possível. A temperatura do ar no transporte deve ser inferior a 30 °C, sem exposição direta ao sol. Para tanto, realizar o transporte nas horas do dia com temperatura do ar amena, principalmente nas regiões sujeitas a temperaturas do ar elevadas.

- 7.e Conservação das amostras – proceder à secagem dos feixes em ambiente coberto, ventilado, com temperatura do ar inferior a 30 °C, até a secagem das espigas (Figura 15). O material poderá permanecer no ambiente de secagem até sete dias após a colheita do último genótipo no campo. Após este período, não sendo possível a realização do teste de simulação de chuva, as mesmas podem ser armazenadas em freezer a -18 °C, até o momento da análise.
- 7.f Preparo das amostras – em caso de armazenamento em freezer, retirar as amostras do freezer e deixar descongelar por 12 h a 24 h. Dividir cada amostra com 60 espigas, correspondente a cada parcela de campo, em duas partes iguais com 30 espigas: uma para simulação de chuva e a outra para análise do número de queda antes da chuva. Amarrar e etiquetar as devidas partes com a identificação do ensaio (com dados, por exemplo, do genótipo, repetição, local e ano ou somente com numeração corrida que represente as informações de cada amostra, armazenadas em banco de dados). Os grupos de 30 espigas devem ser amarrados com atilho de borracha ou com outro material que garanta que os mesmos não se desestruturam, inclusive na câmara de simulação de chuva (Figura 16). As etiquetas e a tinta usadas na identificação devem ser de material impermeável. As espigas destinadas à análise do número de queda deverão ser trilhadas manualmente ou com equipamento de pequeno porte, que evite perda de grãos, e os grãos resultantes deverão ser limpos (retirando-se impurezas e matérias estranhas) e encaminhados para análise. Para que o genótipo seja passível de análise, o número de queda inicial deverá ser de, no mínimo, 200 segundos.

8. Procedimentos para simulação de chuva e quantificação do número de queda

- 8.a Organizar as amostras com 30 espigas para o teste de simulação de chuva com a devida identificação. Colocar as mesmas, de forma aleatória e sem imersão prévia em água, em estrado de ferro (Figura 17) ou suporte similar, evitando a sobreposição das mesmas.
- 8.b Colocar o estrado de ferro na câmara de simulação de chuva, com temperatura e umidade relativa do ar previamente estabilizadas, conforme indicado no item 6.b.
- 8.c Iniciar a precipitação de água logo após a instalação no estrado, em regime descrito no item 6.b (Figura 18).
- 8.d Após 64 horas, verificar a nota de germinação das espigas da testemunha suscetível, observando a presença de espigas com nota 5 da escala de McMaster; Derera (1976), conforme descrito na Tabela 13 e mostrado na Figura 19, e desligar os sistemas de precipitação, umidade e temperatura do ar. Caso contrário, continuar o teste de simulação de chuva até que a germinação das espigas da testemunha suscetível atinja nota 5.
- 8.e Retirar as amostras da câmara de simulação de chuva.
- 8.f Levar as amostras para secar em estufa com circulação de ar, conforme descrito no item 6.c (Figura 20).
- 8.g Retirar as espigas da estufa e trilhar manualmente ou com equipamento de pequeno porte, para evitar a perda de grãos. Limpar os grãos, separando a palha e outros materiais.

	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil	Página 4/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo
	Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo	

8.h Separar, no mínimo, 10 g de amostra de grãos para avaliação do número de queda.

8.i Avaliar o número de queda (Figura 21) utilizando o método AACCI nº 56-81B (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2000).

8.j. Classificar cada genótipo de acordo com escala descrita na Tabela 14, para a avaliação anual e, para a caracterização final da cultivar, empregar a Tabela 15, que contempla o ciclo de três anos de avaliação, com base nos critérios descritos na Tabela 16.

9. Bibliografia citada

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Falling number determination: AACCI method 56-81B. In: AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10. ed. Saint Paul, 2000. 2 v.

McMASTER, G. J.; DERERA, N. F. Methodology and sample preparation when screening for sprouting damage in cereals. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 4, n. 2, p. 251-254, 1976.

10. Tabelas e Figuras

Tabela 13. Escala de McMaster; Derera (1976) para avaliação, por observação direta (atribuição de notas), de espigas de trigo submetidas à pré-germinação em câmara de simulação de chuva, segundo o número e o comprimento das raízes seminais.

Nota	Raízes seminais	
	Nº	Comprimento
1	Não há germinação	
2	1 a 2 por espiga	Recém-emergida
3	3 a 4 por espiga	1 mm a 2 mm
4	1 ou 2 em 65% a 70% das espiguetas	3 mm a 4 mm
5	Uniforme em toda a espiga	4 mm a 6 mm

Tabela 14. Classificação de grãos de trigo quanto à germinação pré-colheita, de acordo com resultado do número de queda.

Classificação da suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo	Número de queda (segundos)
Moderadamente resistente (MR ★)	≥ 175
Moderadamente suscetível (MS ▲)	≥ 100 e < 175
Suscetível (S ●)	< 100

	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil	Página 5/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo
	Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo	

Tabela 15. Classificação final da suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo de acordo com resultados do número de queda, obtidos em avaliações realizadas em três anos.

Resultado da classificação da suscetibilidade			Classificação final da suscetibilidade à germinação pré-colheita em trigo
1º ano	2º ano	3º ano	
MR ★	MR ★	MR ★	Moderadamente resistente
MR ★	MR ★	MS ▲	Moderadamente resistente
MR ★	MR ★	S ●	Moderadamente suscetível
MR ★	MS ▲	MR ★	Moderadamente resistente
MR ★	MS ▲	MS ▲	Moderadamente suscetível
MR ★	MS ▲	S ●	Moderadamente suscetível
MR ★	S ●	MR ★	Moderadamente suscetível
MR ★	S ●	MS ▲	Moderadamente suscetível
MR ★	S ●	S ●	Moderadamente suscetível
MS ▲	MR ★	MR ★	Moderadamente resistente
MS ▲	MR ★	MS ▲	Moderadamente suscetível
MS ▲	MR ★	S ●	Moderadamente suscetível
MS ▲	MS ▲	MR ★	Moderadamente suscetível
MS ▲	MS ▲	MS ▲	Moderadamente suscetível
MS ▲	MS ▲	S ●	Moderadamente suscetível
MS ▲	S ●	MR ★	Moderadamente suscetível
MS ▲	S ●	MS ▲	Moderadamente suscetível
MS ▲	S ●	S ●	Suscetível
S ●	MR ★	MR ★	Moderadamente suscetível
S ●	MR ★	MS ▲	Moderadamente suscetível
S ●	MR ★	S ●	Moderadamente suscetível
S ●	MS ▲	MR ★	Moderadamente suscetível
S ●	MS ▲	MS ▲	Moderadamente suscetível
S ●	MS ▲	S ●	Suscetível
S ●	S ●	MR ★	Moderadamente suscetível
S ●	S ●	MS ▲	Suscetível
S ●	S ●	S ●	Suscetível

MR ★: Moderadamente resistente; MS ▲: Moderadamente suscetível; S ●: Suscetível.

	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil	Página 6/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo
	Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo	

Tabela 16. Classificação final de genótipos de trigo após aplicação do método para avaliar a germinação pré-colheita por, no mínimo, três safras agrícolas. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Classe	Critérios
MR ★	Todos os anos MR ou maioria dos anos MR, sem nenhum ano S
MS ▲	Demais combinações
S ●	Todos os anos S ou maioria dos anos S, sem nenhum ano MR

MR ★: Moderadamente resistente; MS ▲: Moderadamente suscetível; S ●: Suscetível.

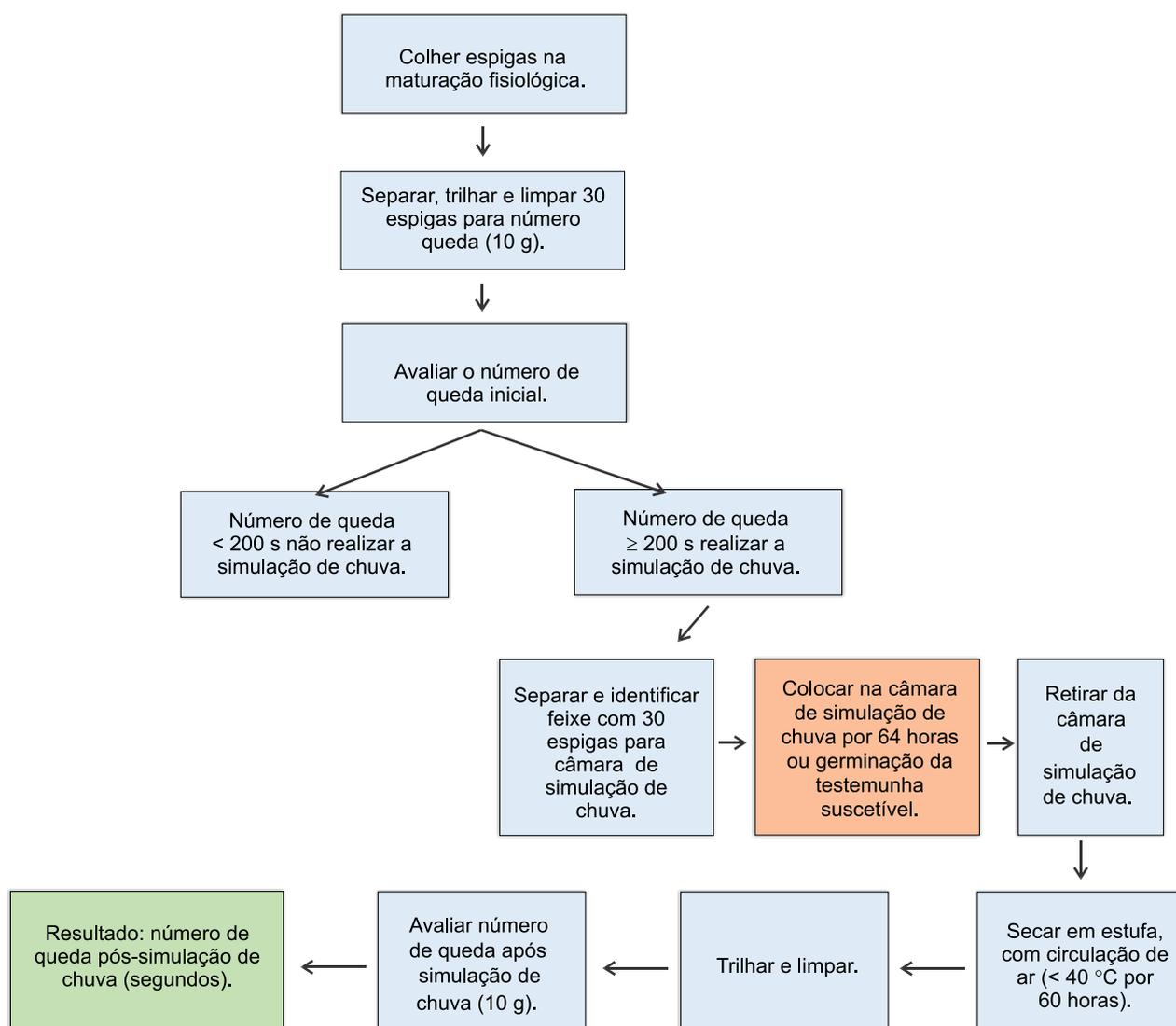


Figura 13. Representação esquemática das etapas do método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 7/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

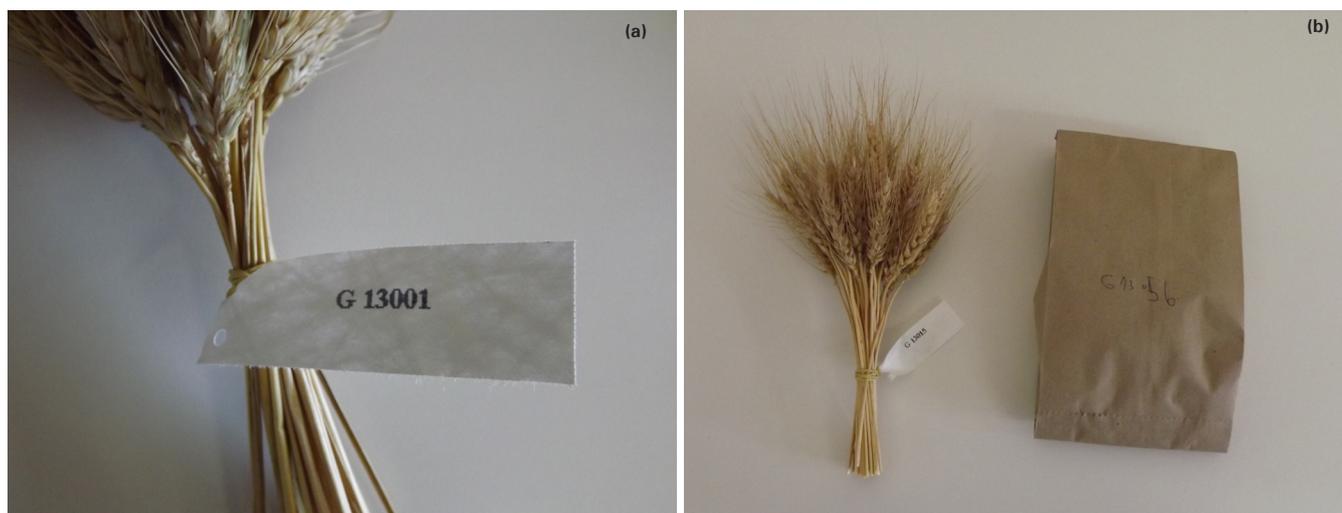
Figura 14. Detalhe de colmos de trigo no momento ideal para coleta de espigas para avaliação da reação à germinação pré-colheita. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 8/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 15. Forma de secagem de amostras de espigas de trigo, para avaliação de germinação pós-colheita. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.



Fotos: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 16. Identificação de amostras de espigas de trigo para simulação de chuva (a) e separação de amostra (30 espigas para simulação de chuva e espigas ensacadas para trilha e encaminhamento ao laboratório para realização de número de queda antes da chuva (b). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 9/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		



Fotos: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 17. Disposição de espigas de trigo em estrado de ferro, para avaliação de germinação pós-colheita (a – vista superior; b – vista lateral). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 18. Simulação de chuva em câmara para avaliação de germinação pós-colheita em espigas de trigo, com visualização de equipamentos utilizados para monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar e precipitação pluvial. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 10/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p><i>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</i></p>		



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 19. Espigas de trigo após a simulação de chuva, com visualização de estruturas radiculares, mostrando avançado estado de germinação. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 11/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por:</p>
<p>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</p>		<p>Embrapa Trigo</p>



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 20. Secagem em estufa, com ventilação forçada, de amostras de espigas de trigo que receberam simulação de chuva. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Trigo Projeto Manejo integrado da germinação pré-colheita em trigo no Brasil</p>	<p>Página 12/12 Edição: 01 Revisão: 01 Data da Emissão: 15/02/2017 Editado por: Embrapa Trigo</p>
<p><i>Método para avaliar a germinação pré-colheita em genótipos de trigo</i></p>		



Foto: João Leonardo Fernandes Pires

Figura 21. Detalhe do equipamento utilizado para avaliação do número de queda de amostras de farinha de trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Embrapa

Trigo