

2

Bioclimatologia e Zoneamento Agrícola



Gilberto Focca da Cunha
Aldemir Pasinato
Jão Leonardo Fernandes Pires
Genei Antonio Dalmago
Anderson Santi
Jorge Alberto de Gouvêa

31

Quais são as fases do ciclo de desenvolvimento do trigo e como se relacionam com as variáveis do ambiente, especialmente climáticas?

O ciclo de desenvolvimento do trigo pode ser dividido em três fases: vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos.

A fase vegetativa inicia com a semeadura, uma vez que, tão logo ocorre a embebição da semente, começa a diferenciação de novos primórdios foliares no embrião (que já conta com 3 a 4 folhas iniciadas), e se estende até a iniciação floral, que marca o começo da fase reprodutiva (estádio de duplo anel). Nessa etapa, no ponto de crescimento da planta (meristema apical), são diferenciados unicamente primórdios foliares.

A fase reprodutiva começa com a iniciação floral, quando são diferenciados os primórdios de espiguetas, na porção central da espiga, que depois se estendem para as extremidades até o aparecimento da espiguetas terminal na ponta (a última espiguetas).

A fase de enchimento de grãos inicia com a antese (floração), quando ocorre a fecundação das flores e termina com a maturidade fisiológica da planta, ocasião em que os grãos atingem o máximo acúmulo de matéria seca.

A duração dessas fases no trigo tem controle genético independente e taxas de desenvolvimento governadas pelas variáveis do ambiente, especialmente temperatura e fotoperíodo.

32

Como é feito o controle genético do desenvolvimento em trigo?

O controle genético do desenvolvimento do trigo é feito pelos genes de resposta à vernalização (genes Vrn-A1, Vrn-B1 e Vrn-D1), que definem a necessidade de um tempo de exposição das plantas a temperaturas relativamente baixas (frio) para florescer, por genes ligados à resposta ao fotoperíodo/comprimento do dia (genes Ppd-A1, Ppd-B1 e Ppd-D1) e outros ligados à precocidade

intrínseca (genes earliness per se – Eps), que juntos condicionam a sucessão de estádios/fases e definem a duração do ciclo de uma dada cultivar conforme as disponibilidades de recursos do ambiente (especialmente os regimes térmicos e fotoperiódicos).

O conhecimento do controle genético das respostas bioclimáticas (vernalização/temperatura e fotoperíodo) de trigos é fundamental:

- Em programas de melhoramento genético.
- No planejamento de cruzamentos para a criação de cultivares.
- Em avaliações preliminares com vistas ao uso de cultivares em regiões diferentes da sua de origem.

33 No Brasil, como o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SNPC/Mapa) classifica as cultivares de trigo em grupos bioclimáticos?

Entre os descritores biológicos de cultivares de trigo, o SNPC/Mapa classifica as cultivares de acordo com os seguintes grupos bioclimáticos:

- Trigos de primavera.
- Trigos de inverno.
- Trigos alternativos (também conhecido como trigos facultativos).

34 O que se entende por “trigos de primavera”, “trigos de inverno” e “trigos alternativos/facultativos”?

Tais expressões têm relação com o controle genético da floração em trigo. Assim:

- Trigos de primavera são aqueles cuja transição entre as fases vegetativa e reprodutiva não é acelerada (ou é menos) pela vernalização.

- Trigos de inverno são aqueles que não possuem alelos dominantes da série de genes Vrn-1 (Vrn-A1, Vrn-B1 e Vrn-D1), necessitando de um tempo de exposição a temperaturas relativamente baixas (processo de vernalização) para florescer, ainda que sob condição de dias longos. Em tempos relativamente recentes, ampliou-se a abrangência da classificação de trigos de inverno para aqueles que têm o florescimento acelerado pela vernalização.
- Trigos alternativos são aquelas cultivares com maior necessidade de vernalização, com comportamento similar aos trigos internacionalmente chamados de facultativos (derivados de cruzamentos entre trigos de primavera e de inverno).

35 O que significa vernalização ou iarovização?

É uma palavra de origem russa, derivada de vernal, que significa primaveral ou pertencente à primavera. Essa expressão foi usada por Trofim D. Lysenko para se referir à necessidade de frio (temperaturas baixas) apresentada por algumas espécies para terem um desenvolvimento adequado (cumprir todas as fases), podendo tal necessidade ser suprida no início do ciclo ou mesmo na semente, antes da semeadura. No caso do trigo, a resposta à vernalização é condicionada pelos chamados genes vrn que, junto com os genes de resposta ao fotoperíodo (ppd) e os de precocidade intrínseca (eps), governam o ciclo de desenvolvimento das plantas, em conformidade com as características das cultivares e as disponibilidades do ambiente.

36 O que significa dizer que o trigo é uma planta de dias longos?

Plantas de dias curtos e plantas de dias longos são categorias de respostas dos vegetais ao comprimento do dia (fotoperíodo). No caso do trigo, sendo uma planta de dias longos, significa que

essa espécie acelera o seu desenvolvimento com a elevação do fotoperíodo (até o limite de 20 horas/dia).

Admite-se que o trigo pode responder ao fotoperíodo desde imediatamente após a emergência das plântulas até o final da fase reprodutiva. Contudo, a sensibilidade ao fotoperíodo parece ser relativamente independente da fase de desenvolvimento, sendo condicionada pelo genótipo de cada cultivar.

37

Que trigos são cultivados no Brasil e quais os principais entraves ambientais?

No Brasil, são cultivados, comercialmente, trigos de primavera (com menor necessidade em vernalização) da espécie *Triticum aestivum* L.

Os principais entraves ambientais são:

Região Sul – O excesso de umidade, nessa zona tradicional de cultivo, cria ambiente favorável à ocorrência de doenças. Há geadas tardias na primavera, coincidindo com o espigamento do trigo, e precipitações de granizo (localizadas). Além disso, nessa zona ocorrem vendavais, especialmente na primavera, causando acamamento de plantas e danos (de difícil quantificação), dependendo do estágio de desenvolvimento da planta (quanto mais adiantado o ciclo, maior o prejuízo).

Nessa zona, as principais doenças que atacam a cultura, favorecidas, em alguns anos, por umidade e temperatura elevadas, são ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), manchas foliares (*Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera* spp. e *Stagonospora nodorum*) e giberela (*Giberela zeae*).

Regiões Sudeste e Centro-Oeste – Na zona de clima tropical ocorrem deficiência hídrica (em cultivos de sequeiro) e excesso de calor (temperaturas elevadas, causando esterilidade na espiga).

Em termos de sanidade vegetal, pela dificuldade de controle, a brusone (*Magnaporthe oryzae*) é a doença mais problemática nos sistemas de produção que incluem o trigo no centro do País; especialmente em anos em que há bastante inóculo do patógeno

no ar e coincide com ambiente úmido e quente a partir do espigamento do trigo.

38

Em linhas gerais, qual é o comportamento bioclimático dos trigos brasileiros?



Ainda que sejam classificados generalizadamente como “trigos de primavera”, os trigos brasileiros apresentam variabilidade quanto à resposta à vernalização, havendo cultivares que, dependendo do regime térmico local, podem não espigar em alguns ambientes, como é o caso do trigo BRS Tarumã.

Esse trigo com aptidão para uso em sistemas de duplo propósito (produção de forragem e de grão) possui características de comportamento bioclimático similar aos internacionalmente chamados trigos facultativos. Também existem trigos, como a cultivar BRS Parrudo, com necessidades elevadas em vernalização, mesmo que esta seja menor que a dos trigos alternativos/facultativos. O espigamento, especialmente nas regiões quentes do País, pode ser retardado, pode ocorrer desuniformemente ou, até mesmo, não ocorrer.

39

Quais são os momentos do ciclo de desenvolvimento do trigo determinantes na formação do rendimento de grãos?

Na determinação do rendimento de grãos em trigo, há três etapas principais:

- 1) Primeira etapa: desde a emergência, passando pelo período de afilhamento, até a metade do alongamento (2 a 3 nós

visíveis). O evento mais importante nessa etapa é expansão da área foliar, sendo desejável que, no final dessa etapa, a cultura tenha área foliar suficiente para interceptar a maior parte da radiação solar incidente (mais de 90%).

- 2) Segunda etapa: compreende o crescimento das espigas ainda sem grãos. O evento principal é a determinação do número potencial de grãos, que é condicionado pela sobrevivência das flores geradas. Ao término dessa etapa, a massa seca das espigas por metro quadrado é um bom estimador dos recursos que o cultivo destina para que as flores geradas venham, efetivamente, a produzir grãos.
- 3) Terceira etapa: refere-se à fase de enchimento dos grãos, que começa poucos dias depois da floração e encerra na maturação fisiológica, quando o peso final de cada grão é determinado. O rendimento de grãos em trigo é mais limitado pela capacidade de armazenamento dos destinos (número de grãos) do que propriamente pela fonte disponível (área fotossinteticamente ativa das plantas) para encher os grãos. Ainda, é nessa terceira etapa que é definida a qualidade tecnológica do produto colhido, existindo forte influência de interações entre o genótipo (constituição genética da cultivar) e o ambiente (clima e manejo).

40

Existe um período do ciclo que pode ser considerado o mais crítico para o potencial de rendimento do trigo?

Admite-se a existência de um período mais crítico de aproximadamente 30 dias, concentrados entre 20 dias pré-floração (aparecimento das anteras) e 10 dias pós-floração. Nesse período, as condições ambientais (radiação solar e temperatura) são essenciais, pois determinam tanto o número de afilhos que produzirão espigas (número de espigas por unidade de área) como o número de primórdios florais que sobreviverão em cada uma das espiguetas, estabelecendo o número de flores que efetivamente poderão produzir grãos.

Nesse período crítico, condições de ambiente desfavoráveis (baixa disponibilidade de radiação solar e temperatura do ar elevada) refletirão negativamente na definição do número de flores férteis no momento da antese. Além disso, as condições adversas nos 10 dias pós-floração reduzirão a capacidade de estabelecimento dos grãos.

Durante o período crítico de crescimento das espigas, geralmente as limitações têm, pela redução no número de grãos por metro quadrado, maior efeito sobre o rendimento da cultura. Desse fato decorre a importância de se manejar o cultivo, explorando genótipo e ambiente, por meio de práticas de manejo, para que se conjuguem as melhores condições no período crítico. Incluem-se nisso:

- Escolha da cultivar.
- Época e densidade de semeadura.
- Nutrição de plantas (adubação de base e em cobertura).
- Controle de pragas e de doenças (preservando área foliar fotossinteticamente ativa para interceptar radiação solar).

41

Como o potencial de rendimento do trigo se relaciona com as variáveis do ambiente?

O potencial de rendimento (PR) de qualquer cultivo pode ser expresso, de forma muito simplificada, como função da quantidade de radiação solar interceptada (R_s), da eficiência de uso da radiação solar (EUR_s) e da partição de biomassa para o rendimento de interesse econômico (no caso do trigo, os grãos), que é operacionalmente definida pelo índice de colheita (IC). Matematicamente, tem-se:

$$PR = R_s \times EUR_s \times IC$$

O crescimento de um cultivo de trigo (acúmulo de biomassa) é determinado pela capacidade fotossintética do dossel (folhagem das plantas) em interceptar radiação solar e sua eficiência de uso (conversão).

A radiação solar é a principal variável do ambiente para a definição do potencial de rendimento do trigo. Além de condicionar a produção total de biomassa, também define o número de grãos por unidade de superfície cultivada (o componente de rendimento

que mais explica as variações de rendimento em trigo entre anos, locais, épocas de semeadura e cultivares). A ação da radiação solar, nesse caso, dá-se por intermédio do quociente fototermal (razão entre a disponibilidade de radiação solar e a temperatura média), no período crítico de 30 dias ao redor da floração/antese do trigo (20 dias antes e 10 dias depois).

42 Quais são as regiões propícias ao cultivo de trigo no Brasil?

Para fins de organização da pesquisa agrícola e de transferência de tecnologia em trigo, o Brasil tem sido dividido em três regiões tritícolas:

- Região Sul Brasileira: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná.
- Região Centro-Sul Brasileira: demais regiões do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo.
- Região Centro Brasileira: Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia.



Como principais características ambientais nessas regiões, têm-se, na primeira e segunda região, pelo menos no sul do Paraná, excesso de chuva (precipitação pluvial elevada) e solos ácidos. Nas demais áreas dessa região, precipitação pluvial menor e solos com e sem acidez.

Na terceira região, há duas possibilidades de cultivo de trigo em solos ácidos: sistema de sequeiro, com estresses térmicos e hídricos, e com irrigação, numa época de precipitação pluvial baixa ou nula e condições térmicas mais favoráveis.

No Brasil, o cultivo de trigo se estende por ampla região, abrangendo zonas temperadas, subtropicais e tropicais, que vão desde o extremo Sul do País até o paralelo 11° S. Durante a estação de crescimento de trigo, com base nos regimes hídrico e térmico das diversas zonas de produção, são definidas, em grandes traços, as seguintes regiões:

Região úmida – Onde não há estação seca e o total de precipitação pluvial supera o consumo de água da cultura (evaporação + transpiração). Abrange desde o Rio Grande do Sul até o norte do Paraná. Nela, para o quesito adaptação de cultivares, a principal limitação é a convivência com estresses associados ao excesso de umidade. Nessa zona úmida, pelo menos duas grandes subdivisões são presentes, quando se considera o regime térmico, uma parte fria e outra parte quente.

A região fria e úmida se concentra nas áreas de maior altitude da região Sul do País (faixa Leste) e, na metade sul do Rio Grande do Sul (limitada à porção Leste), onde, apesar da altitude baixa, há compensação térmica pela maior latitude. Na fronteira Oeste, concentra-se a região moderadamente quente e úmida.

Região quente – A região quente e moderadamente seca (mas ainda passível de cultivo de trigo de sequeiro) pode ser encontrada no norte do Paraná, sul do Estado de São Paulo e parte do território do Mato Grosso do Sul.

Região quente e seca – Envolve parte do Estado de São Paulo, além de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia. Ocorrem tanto estresses térmicos (excesso de calor) quanto hídricos (deficiência de água). Nessa ampla região, o trigo pode ser cultivado sob condição de sequeiro (restrito a algumas áreas de maior altitude do Centro-Oeste) e em sistema irrigado, numa época do ano mais favorável para o cultivo desse cereal. Nessa parte do País, as áreas de maior aptidão para cultivo de trigo são as de altitude elevada (pelos reflexos no regime térmico, preferencialmente acima de

800 m). Nelas, na época seca do ano (entre maio e setembro), sob irrigação, para cultivares de trigo com pouca exigência em frio e que apresentam certa insensibilidade fotoperiódica, as condições de ambiente são favoráveis para rendimento elevado e de boa qualidade tecnológica.

No Brasil, as diferenças climáticas entre as zonas de produção de trigo influem no rendimento, na qualidade tecnológica do produto que é colhido, na escolha de cultivares e nas práticas de manejo da cultura.

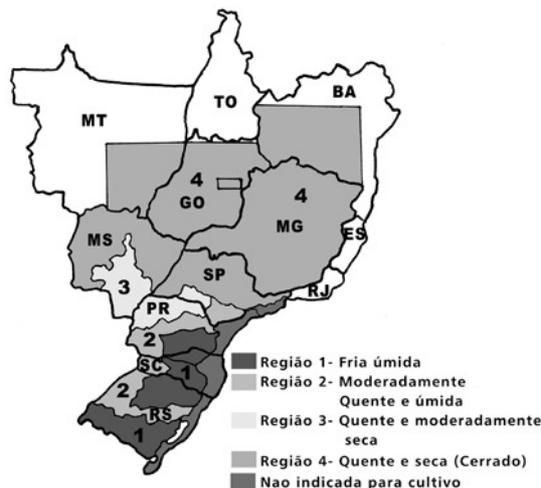
44

O que são as regiões homogêneas de adaptação de cultivares de trigo (RHACT) e qual a sua utilidade?

No Brasil, as regiões homogêneas de adaptação de cultivares de trigo, estabelecidas na Instrução Normativa nº 3, de 14 de outubro de 2008, surgiram em decorrência da necessidade de se aperfeiçoar a rede de experimentação para a execução de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Esses ensaios integram os requisitos técnicos e legais

exigidos pelo Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (RNC/Mapa), com a finalidade de habilitar previamente cultivares para produção, beneficiamento e comercialização de sementes no País.

A partir de características ecológicas regionais, foram demarcadas quatro RHACTs. Especificamente: uma região úmida, que vai do Rio Grande do Sul até o norte do Paraná, com duas divisões, uma parte fria (Região 1) e outra quente (Região 2); uma região



moderadamente seca e quente (Região 3), porém, ainda passível de cultivo de trigo sem irrigação, localizada no norte do Paraná, no sul do Estado de São Paulo e em parte do território do Mato Grosso do Sul. Por último, uma região quente e seca (Região 4), que envolve parte dos estados de São Paulo e de Mato Grosso do Sul, além de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia.

45 Como foram demarcadas as regiões homogêneas de adaptação de cultivares de trigo em uso no Brasil?

Nesse tipo de regionalização, são definidos os chamados “grandes ambientes”, caracterizados, principalmente, pela similaridade dos principais estresses bióticos e abióticos, pelos sistemas de produção vigentes, pela classe comercial dos trigos produzidos, pela relevância regional do trigo nos sistemas de produção, etc.

Especificamente, na demarcação dos limites das regiões homogêneas de adaptação para cultivares de trigo no Brasil, foram consideradas as seguintes variáveis ambientais:

- Precipitação pluvial na estação de crescimento de trigo.
- Quantidade de frio invernal (temperatura média das mínimas do mês mais frio).
- Excesso de calor na fase de enchimento de grãos (temperatura média das máximas).
- Altitude e série histórica de estatísticas de rendimento de grãos.

Os resultados foram validados por um grupo de trabalho formado por pesquisadores pertencentes aos quadros de empregados de instituições públicas e privadas, que conduzem programas de melhoramento genético de trigo no Brasil.

46 O que é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc)?

É um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura, que foi posto em prática no Brasil, em 1996, pelo governo

federal, para fazer frente às taxas de dano por adversidades climáticas elevadas que caracterizavam a agricultura brasileira na época.

Pela integração entre política de crédito e seguro rural, além de orientações sobre períodos de semeadura por município, cultura/cultivar e tipo de solo, o Zarc atuou como indutor de tecnologia, possibilitando substancial redução no percentual de perdas causadas por adversidades climáticas não controláveis na agricultura brasileira.

Desde então, é usado em apoio às políticas públicas de crédito e seguro rural, especificamente no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), no caso do governo federal, bem como pelas seguradoras privadas que atuam no segmento rural no País, que condicionam o Zarc para a adesão aos seus produtos.

47

No governo federal, a qual ministério o Zarc está vinculado e como ele é composto?

Na esfera federal, o Zarc é de competência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e está vinculado à Secretária de Política Agrícola, cujo Departamento de Gestão de Risco Rural inclui a Coordenação Geral de Zoneamento Agropecuário, órgão responsável pela revisão anual das portarias do Zarc publicadas no Diário Oficial da União¹. Em cada portaria, são incluídos:

Tipos de solo: quanto à capacidade de retenção de água, os solos são agrupados em três categorias, conforme disposto na Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2008: arenoso (Tipo 1), textura média (Tipo 2) e argiloso (Tipo 3).

Tabela de períodos de plantio/semeadura: indica os períodos favoráveis de semeadura (início e fim), numerados, sequencialmente, três a cada mês, começando com:

- Período 1 (1º a 10 de janeiro).
- Período 2 (11 a 20 de janeiro).
- Período 3 (21 a 31 de janeiro).

¹ Resumidamente, o Zarc apresenta a metodologia do zoneamento para cada cultura e unidade da federação.

- Período 4 (1º a 10 de fevereiro).
- Período 5 (11 a 20 de fevereiro).
- Período 6 (21 a 28/29 de fevereiro).
- Período 7 (1º a 10 de março).
- Período 8 (11 a 20 de março).
- Período 9 (21 a 31 de março).
- Período 10 (1º a 10 de abril).
- Período 11 (11 a 20 de abril).
- Período 12 (21 a 30 de abril) e assim sucessivamente até o período 36 (21 a 31 de dezembro).

Cultivares indicadas: lista de todas as cultivares indicadas para cultivo no País, inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), reunidas em grupos com características homogêneas. As empresas obtentoras (quem as desenvolve), mantenedoras (as que detêm a proteção) e/ou representantes legais das cultivares indicadas nas portarias de Zoneamento Agrícola de Risco Climático são responsáveis pelo envio de informações de caracterização agrônômica e de regiões de adaptação ao Mapa.

Tabela de municípios: relação de municípios indicados para o plantio da cultura no estado a que se refere a portaria, com períodos de plantio (início e fim) para cada município, por tipo de solo e por grupo de cultivar.

- 48 Em quais unidades da federação existe o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), para o cultivo de trigo?

Desde que foi posto em operação no Brasil, o Zarc já definiu, em portarias, a possibilidade de cultivo de trigo em nove unidades da federação: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Distrito Federal.

- 49 Como definir o melhor período para a semeadura do trigo?

Independentemente de local, a definição do período mais adequado para a semeadura de trigo exige que sejam considerados

vários critérios. O primeiro e mais relevante envolve a avaliação das características do meio físico (clima e solo) frente às exigências fisiológicas do trigo.

Também não podem ser excluídos da análise os sistemas de produção agrícola economicamente importantes para a região (trigo e soja, no Sul do Brasil), a estratégia de escape de riscos de natureza climática adotada e, não menos relevante, aspectos econômicos e sociais relacionados.

Como regra geral, mas não exclusiva, procura-se indicar como período de semeadura preferencial aquele em que a cultura consegue completar o ciclo (semeadura até a colheita) sob as melhores condições de ambiente. Deve-se buscar o ajuste mais adequado entre as disponibilidades do ambiente e as exigências da cultura/cultivar. Além dos aspectos inerentes ao escape dos riscos associados à variabilidade climática natural, também devem ser levadas em consideração:

- A capacidade operacional do produtor rural (disponibilidade de máquinas, acesso a mão de obra, etc.).
- As condições de umidade do solo (seca ou excesso de água) para suportar trabalho mecanizado sem degradação da sua estrutura física.

50

Por que a data de semeadura é tão relevante para o desempenho produtivo do trigo?

Porque é quando se devem considerar as possíveis condições às quais a cultura poderá ser submetida:

- Ao longo da estação de crescimento.
- Na etapa de enchimento de grãos.
- No momento da colheita.

Uma vez definidos o momento de semeadura e a cultivar, e estabelecida a lavoura, essas escolhas são irreversíveis. É a partir do dia da semeadura que as condições futuras de ambiente passarão a influir sobre a definição do rendimento final e da qualidade tecnológica do produto que será colhido.

Na busca pela melhor época de semeadura, é necessário tomar decisões embasadas em integração de informações e seguir o calendário preconizado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc). O Zarc é, anualmente, oficializado pelo Mapa, como suporte à política de crédito e seguro rural no Brasil, tendo por objetivo a minimização de riscos relacionados aos fenômenos climáticos e não a potencialização de rendimento dos cultivos.

51 Que são estresses térmicos em plantas de trigo?

São respostas a valores de temperaturas que afetam negativamente o rendimento e/ou a qualidade do produto colhido. Essas respostas podem se manifestar tanto por valores de temperaturas extremamente baixos (geadas) quanto elevados (golpes de calor).

Os estresses térmicos variam em intensidade (fraco, moderado e forte) e grau (agudo ou crônico) e podem ocorrer em diferentes momentos do ciclo de desenvolvimento das plantas (semeadura/germinação/emergência até a colheita), influenciando sobre os diversos processos relacionados com o crescimento e o desenvolvimento da planta e com a formação do rendimento de interesse econômico (quantidade e qualidade).

No caso de trigo, e especialmente tratando-se de temperaturas extremamente baixas (com formação de geadas), há um conhecimento prévio que permite avaliar impacto e formular estratégias que visam ao escape dessa adversidade de natureza climática bastante comum no Sul do Brasil.

52 O que é geada?

É a formação de uma camada de gelo na superfície ou na folhagem exposta, em decorrência da queda de temperatura. É formada quando a temperatura do ponto de orvalho encontra-se abaixo do ponto de congelamento da água a 0 ° C, para a água pura, fazendo com que o vapor d'água presente no ar passe diretamente

para a fase sólida (sublimação), formando o gelo que se deposita na superfície de objetos. Vale ressaltar a diferença entre geada e orvalho congelado, que é o congelamento das gotas de orvalho que se formaram sobre os objetos.

Em meteorologia, considera-se ocorrência de geada quando há formação de gelo sobre objetos que ficam expostos durante a noite, cuja temperatura cai abaixo de 0 °C. Vem a ser aquilo que, pelo aspecto visual, em agrometeorologia se denomina de “geada branca”. Ainda há a “geada negra”, uma adversidade bastante conhecida no meio rural, pelos danos causados nas plantas. Na “geada negra”, não ocorre formação de gelo, e os tecidos vegetais adquirem coloração escura. Geralmente, massas de ar úmido produzem geadas brancas, e massas de ar seco ocasionam geadas negras.

As geadas também são caracterizadas conforme a sua origem. Seguindo-se esse critério, têm-se:

- Geadas de advecção (provocadas por invasões de ar frio).
- Geadas de radiação (resfriamento das superfícies por perda de radiação de ondas longas durante a noite).
- Geadas mistas, quando estão envolvidos os dois processos (maioria dos casos).

E, conforme a época de ocorrência, têm-se geadas do cedo (no outono) e geadas do tarde (na primavera).

53

Por que a geada é um dos principais riscos climáticos para a cultura do trigo?

Porque não existe regularidade cronológica nem previsão de longo prazo do dia em que esse fenômeno vai ocorrer em dada estação de crescimento. Essa incerteza de previsibilidade, associada com a falta de resistência/tolerância genética das cultivares ou medidas eficientes de proteção das lavouras à geada no espaçamento do trigo, caracteriza esse fenômeno meteorológico como risco ao cultivo desse cereal no Brasil; especialmente no Sul do País.

54 Quando podem ser avaliados os danos causados por geadas em trigo?

Alguns dias após a ocorrência do fenômeno, ao redor de uma semana, para se ter uma avaliação com maior precisão de danos causados.

55 Como varia a sensibilidade da cultura do trigo à geada?

A sensibilidade do trigo à geada começa a aumentar depois do início do emborrachamento. Atinge o seu máximo na floração e diminui após os estádios de grão em massa mole e dura.

Não se pode afirmar que geadas não causam danos em trigo quando ocorrem antes do emborrachamento. Conforme a intensidade da geada e a sensibilidade da cultivar (nessa fase existe diferença genética bem acentuada), os prejuízos podem ser grandes (queima de folhas, estrangulamento de colmos e morte de plantas).

Até o momento, não se conseguiu identificar diferenciação genética entre cultivares de trigo quanto à sensibilidade à geada no período de espigamento a floração. São bem conhecidos os sintomas associados com ocorrência de geadas em trigo nesse período crítico: espigas brancas, esterilidade elevada (com a formação de poucos grãos por espiga).

56 O que é aclimação à geada e qual a sua relação com os danos causados por esse fenômeno em trigo?

É a capacidade de as plantas, por intermédio de adaptações fisiológicas, tolerarem temperaturas baixas sem serem danificadas. A aclimação a baixas temperaturas é importante para a sobrevivência das plantas de trigo em regiões onde é frequente a ocorrência de geadas no início do ciclo de desenvolvimento da cultura. A habilidade dos cereais de inverno em tolerar temperaturas baixas é determinada por interações físicas e bioquímicas complexas, dependentes do genótipo e do ambiente.

A tolerância das plantas ao resfriamento pode aumentar, se essas forem aclimatadas por exposição prévia a baixas temperaturas. Assim, o dano por resfriamento pode ser minimizado se a exposição for lenta e gradual. Os órgãos vegetativos do trigo podem desenvolver grau elevado de aclimação, quando submetidos a baixas temperaturas não letais.

A aclimação das plântulas de trigo pode dar-se já no início da germinação, antes mesmo da emergência do coleóptilo (órgão responsável pela emergência da planta), caso a temperatura do solo se encontre suficientemente baixa. Durante a aclimação de cereais de inverno ao frio, os açúcares solúveis acumulam-se nas paredes celulares, onde podem restringir o crescimento dos cristais de gelo. A tolerância a temperaturas de congelamento depende da capacidade dos espaços extracelulares de acomodar o volume de cristais de gelo em crescimento e da capacidade das células suportar a desidratação.

Geralmente, as células dos tecidos da planta de trigo apresentam elevada capacidade de aclimação. Com a elongação, há redução da concentração do suco celular, sendo essa uma das causas da perda de tolerância à geada. À medida que os órgãos reprodutivos vão se desenvolvendo, diminui a tolerância à geada, pois os órgãos florais são incapazes de suportar a formação de gelo interno.

57 A geada exerce algum papel ecológico benéfico na agricultura?

Na agricultura, costuma-se realçar o aspecto negativo das geadas que, no caso do trigo, quando intensas e coincidindo com o momento crítico da cultura (espigamento/floração), podem causar até mesmo a perda total da lavoura. Na maioria das vezes, ignora-se a função ecológica que cumpre esse fenômeno natural no ambiente. Destacam-se como potenciais aspectos benéficos das geadas no trigo e em outros cultivos de inverno no Brasil:

- Controle natural de plantas daninhas remanescentes do verão.
- Desaceleração do metabolismo de artrópodos-praga, diminuindo o número de gerações e, conseqüentemente, da população desses indivíduos.
- Não favorecimento à multiplicação de organismos patogênicos, especialmente os causadores de doenças fúngicas, entre outros ainda não conhecidos, que podem estar relacionados ao próprio metabolismo da espécie cultivada.

58 Qual é a melhor estratégia para se minimizar o risco de danos por geadas em trigo?

Observando-se os períodos de semeadura preconizados no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) de trigo para cada município, optando-se ainda, sempre que possível, pelo escalonamento da semeadura dentro do calendário do Zarc e pelo uso de cultivares com ciclos diferentes.

Recomenda-se, também, iniciar o plantio do cedo pelas áreas menos sujeitas a geadas (partes altas e exposição Norte das encostas, ao invés das baixadas e áreas com exposição Sul), dando preferência, nos plantios do cedo, a cultivares que tenham maior tolerância a geadas na fase vegetativa.

59 Quais são as regiões brasileiras mais suscetíveis ao problema de redução de qualidade tecnológica por germinação pré-colheita em trigo?

No Brasil, a redução da qualidade tecnológica do trigo por germinação pré-colheita (popularmente chamada de germinação na espiga) em trigo ocorre mais frequentemente na região Sul. Particularmente, nas áreas mais quentes, onde as temperaturas elevadas diminuem a dormência dos grãos (período no qual, mesmo sob condições ótimas de temperatura, de umidade e de luz, os

grãos não germinam) e facilitam o início da germinação dos grãos na espiga, quando ocorrem chuvas no período de colheita. Em resumo, para que o problema se manifeste, duas condições são necessárias: 1) quebra de dormência durante o período de enchimento de grãos; 2) chuvas na época de colheita.

60 Como é diagnosticado o problema de germinação pré-colheita em trigo?

Pode ser diagnosticado visualmente, quando muito severo ou como é mais comum, pelo valor do número de queda. O número de queda (NQ) é usado como referência internacional em estimativas de germinação pré-colheita em trigo. O NQ é uma medição indireta da atividade da enzima alfa-amilase; baixo valor de NQ é indicativo de atividade elevada dessa enzima e vice-versa. Para diagnóstico de germinação pré-colheita, costuma-se delimitar um valor crítico de 200 segundos para NQ (o ideal seria 250 segundos); valores menores (abaixo desse índice) significa trigo com problema.

61 Quais são os fatores condicionantes/controladores da ocorrência da germinação pré-colheita em trigo?

Efetivamente, muitas coisas estão envolvidas com o processo da germinação pré-colheita em trigo. Destacam-se a suscetibilidade genética da cultivar (presença ou ausência de genes de resistência), a morfologia e a estrutura da espiga (relação com absorção de água) e a interação entre o estágio de maturação da lavoura e as condições de ambiente (chuva, temperatura e velocidade de secagem dos grãos). Acima de tudo, há o controle fisiológico associado com a dormência.

A dormência em trigo é uma característica da cultivar, sendo geneticamente determinada. Contudo, as condições de ambiente durante a fase de enchimento de grão, particularmente de temperatura, 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, é que define a ocorrência ou não de germinação pré-colheita em trigo.

Geralmente, as cultivares com grãos brancos são consideradas mais sensíveis à germinação em pré-colheita do que as de grãos vermelhos. Todavia, a herança da sensibilidade à germinação pré-colheita pode ser independente da coloração do grão, uma vez que nem todo trigo vermelho possui dormência elevada. Ou seja, este é um caráter em que estão envolvidos múltiplos genes, caracterizando uma herança complexa, quantitativamente herdada e que sofre forte influência das variáveis de ambiente.

62

Existem alternativas para se lidar com o problema da germinação pré-colheita em trigo?

Ainda que sejam poucas, existem, sim, alternativas para se contornar o problema de germinação pré-colheita em trigo, via práticas culturais. Destacam-se a escolha de cultivares com melhor resistência genética ao problema e a organização da colheita, começando pelas mais suscetíveis ou mesmo antecipando a colheita diante da ameaça de chuvas.

Em regiões onde não há estação seca definida nos meses de colheita, destaca-se o potencial de uso de sistemas de alertas de risco de germinação pré-colheita em trigo, embora ainda não existam serviços operacionais dessa natureza no Brasil.

Uma vez que o problema de germinação pré-colheita em trigo é verificado, quase sempre de forma regionalizada, em alguns anos e em algumas cultivares, sistemas de alertas de risco podem orientar os assistentes técnicos de lavouras e os produtores rurais sobre: áreas preferenciais para iniciar a colheita; cultivares mais sensíveis, pelas quais se deve começar a colheita; e necessidade de colheita antecipada.

No Brasil, a maior parte do trigo cultivado em regime de sequeiro é no sul do País, principalmente no Rio Grande do Sul e no Paraná, numa época do ano em que a chuva normal excede, em muito, a evapotranspiração da cultura. Geralmente, na região Sul, o excesso de umidade é mais problemático que a falta de água.

No Brasil, problemas de deficiência hídrica em trigo começam a causar preocupação a partir do norte do Paraná em direção ao centro do País. Mesmo que no norte do Paraná esse cereal seja cultivado sob regime de sequeiro, em alguns anos, a falta d'água pode dificultar a emergência e o estabelecimento da cultura quando a semeadura é realizada entre março e abril. Também a falta de água, especialmente a partir do emborrachamento, pode prejudicar o rendimento final em decorrência da elevação da esterilidade de flores (falhas de granação) e do enchimento incompleto dos grãos.

Cabe destacar que nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, no Estado de São Paulo, em Minas Gerais, em Goiás e no Distrito Federal, o trigo cultivado com irrigação, na época seca do ano (maio a setembro), caracteriza-se por rendimentos elevados e excelente qualidade tecnológica dos grãos.

64 O trigo pode ser afetado por ventos intensos?

Sim. O trigo está sujeito ao acamamento causado por ventos intensos (> 40 km/h), com danos mais severos quando ocorre a partir da floração. O acamamento reduz o potencial de rendimento das lavouras e, principalmente, a qualidade do grão, em decorrência do contato com a umidade do solo.



A sensibilidade ao acamamento é geneticamente controlada, sendo que as cultivares de porte mais elevado são as mais sensíveis. Outro fator que também pode predispor as plantas de trigo ao acamamento, independentemente da velocidade do vento, é o ambiente, particularmente a fertilidade do solo, em especial a fertilização nitrogenada em excesso.

65 Como os fenômenos meteorológicos adversos, caso do granizo e de chuvas intensas, afetam o desempenho produtivo das lavouras de trigo no Brasil?

O dano causado pelo granizo em trigo ocorre pela ação mecânica das pedras de gelo nas plantas. Esse fenômeno é quase sempre associado a ventos fortes e causam acamamento, queda de folhas, dilaceração de folhas, quebra de colmos e quebra total ou parcial de espigas. Além de danos diretos, há futuros prejuízos causados indiretamente ao rendimento:

- Pela destruição de área fotossinteticamente ativa.
- Pelo rompimento do sistema de circulação de seiva.
- Pela criação de ambiente favorável à entrada de patógenos causadores de doenças.

66 Durante o ciclo de desenvolvimento do trigo existe um momento mais crítico ao dano por granizo?

Sim. Geralmente, os danos são maiores quando as lavouras de trigo são atingidas após a alongação das plantas, no emborachamento, no espigamento, na fase de enchimento de grãos e, especialmente, após a maturação fisiológica, quando não há mais capacidade de qualquer compensação de rendimento pela planta. Nesses casos, os danos por granizo nas lavouras de trigo podem atingir níveis vultosos ou até mesmo causar perda total.

67 O que é o El Niño e como ele pode afetar o clima, no Brasil?

O fenômeno El Niño – Oscilação Sul (Enos) possui duas fases:

- Fase quente (El Niño).
- Fase fria (La Niña).

O comportamento da temperatura das águas do Oceano Pacífico tropical (parte central e junto à costa Oeste da América do Sul), associado aos campos de pressão, altera o padrão de circulação geral da atmosfera. Com isso, acaba influenciando no clima de diferentes regiões do mundo, sendo responsável pelas chamadas anomalias climáticas persistentes (desvios em relação ao clima normal), que duram de 6 a 18 meses.

Admite-se que há cerca de 20 regiões no mundo cujo clima é afetado pelas fases do Enos. As anomalias climáticas mais conhecidas e de maior impacto são as relacionadas com o regime de chuvas, embora o regime térmico também possa ser modificado. Particularmente no Sul do Brasil, tem-se excesso de chuvas nos anos de El Niño e estiagem em anos de La Niña.

Apesar de influir durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do Enos:

- Primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento.
- Final de outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento.

Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores em anos de El Niño (como ocorreu no período de 1997 a 1998), e chuvas abaixo do normal em anos de La Niña (exemplo, evento ocorrido no período de 1998 a 1999).

68

Existe alguma relação entre as fases do Enos e o desempenho produtivo da cultura do trigo no Brasil?

Na maioria das vezes, os impactos dos eventos El Niño são negativos sobre o rendimento e a qualidade tecnológica do trigo no Brasil. O inverso ocorre nos anos de La Niña, quando os impactos são, predominantemente, positivos. E, nos anos neutros, também os impactos positivos são maioria.

Esse comportamento pode ser explicado pela influência que o fenômeno El Niño exerce nas anomalias de chuva nos períodos de primavera e de começo do verão no Sul do Brasil, região que concentra grande parte da produção nacional de trigo. Contudo, é preciso esclarecer que nem todo El Niño causa impactos negativos sobre o rendimento e a qualidade tecnológica do trigo no Brasil.

O nível de impacto vai depender da intensidade do fenômeno e, principalmente, da anomalia causada no regime de chuvas da região. Além disso, houve melhorias substanciais em termos de genética de trigo (novas cultivares) e em tecnologia de proteção de plantas nas lavouras, que faz com que os impactos dos El Niños mais recentes não tenham atingido a dimensão catastrófica para a triticultura do Sul do Brasil, como aconteceu os eventos El Niños de 1972 a 1973 e de 1982 a 1983.

69

Quais são as principais orientações para os tricultores do Sul do Brasil nos anos de El Niño?

Como recomendações gerais para diminuir os riscos de prejuízos nas lavouras, sugere-se:

- Monitoramento sistemático das lavouras para, havendo necessidade, realizar os tratamentos fitossanitários recomendados no momento certo. Os anos de El Niño, especialmente nos eventos fortes, são caracterizados por umidade elevada e, com isso, apresentam condições de ambiente favoráveis ao desenvolvimento de doenças.
- Tão logo os grãos tenham umidade adequada para a operação, fazer a colheita, pois quanto mais rápido tirar o produto do campo, menor a chance de perdas quantitativas e qualitativas pelas chuvas frequentes nos anos de El Niño.
- Se necessária, fazer a chamada colheita antecipada, produto com umidade de até 25% (ideal até 18%), desde que haja disponibilidade de estrutura para secagem. Essa prática requer acompanhamento técnico especializado, tanto na regulação de colhedoras como na secagem do produto colhido.

- Não proceder generalização regional sobre efeitos meteorológicos na qualidade das safras de trigo, em anos de El Niño. Existe grande variabilidade dentro da região Sul em termos de épocas de semeadura, de desenvolvimento das culturas e das chuvas ocorridas. As lavouras também podem ser afetadas, diferenciadamente, pelas condições meteorológicas locais.
- Dar atenção especial às lavouras inscritas para a produção de sementes.

70

Como o clima pode influir nas chamadas doenças de difícil controle em trigo?

No grupo das chamadas doenças de difícil controle em trigo, apesar da disponibilidade de cultivares com melhores resistências genéticas que outras e de produtos para o tratamento químico da parte aérea das plantas, incluem-se a giberela (*Giberela zeae*) e a brusone (*Magnaporthe oryzae*).

Especificamente, essas são doenças típicas de espiga em trigo, sendo que a giberela ocorre com maior intensidade nas regiões temperadas e subtropicais, e a brusone é mais limitada às áreas de clima subtropical e tropical.

A dificuldade de controle dessas doenças, em anos epidêmicos, é maior quando o estágio de espigamento coincide com períodos chuvosos, reduzindo a eficiência do controle químico, além de inviabilizar ações operacionais relacionadas à aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas, em decorrência da impossibilidade da entrada de máquinas nas lavouras.

Referência

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 2, de 3 de janeiro de 2008. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Agrot%C3%B3xicos/IN2.pdf>. Acesso em 5 mar. 2014.