

FERRUGENS

Segurança alimentar ameaçada

A segurança alimentar mundial dependerá do aumento na produção das três principais culturas de cereais – trigo, arroz e milho, hoje as plantas mais abundantes no planeta. Das três, o trigo pode ser considerado a base da alimentação humana, por ser a principal fonte de calorias em mais de 80 países. Assim, é essencial conhecer a fundo os fatores que limitam a produção desse cereal, e o principal deles são as doenças conhecidas como ferrugens do trigo, causadas por fungos. Tais doenças podem reduzir de modo significativo, ou até totalmente, a produtividade do cereal. Sua ocorrência afeta as quatro dimensões envolvidas na segurança alimentar: disponibilidade, estabilidade, acesso e utilização.

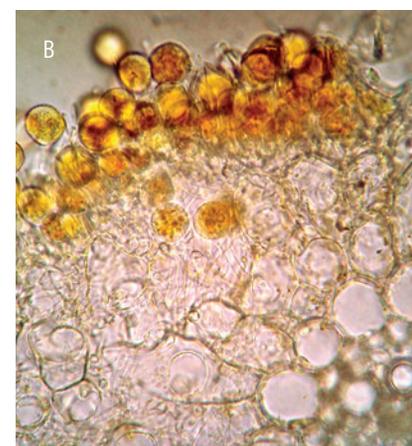
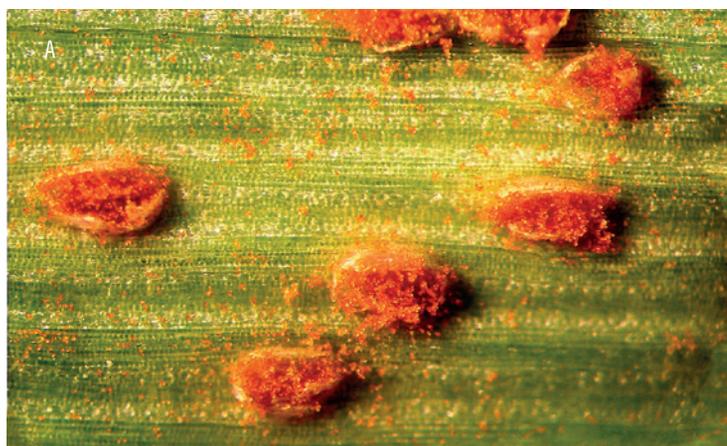
Márcia Soares Chaves

*Centro Nacional de Pesquisa de Trigo,
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)*

Nageli Pereira de Almeida

*Curso de Ciências Biológicas, Universidade de Passo Fundo,
e Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (iniciação científica),
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)*

Figura 1. As lesões denominadas 'pústulas' (A) são os sintomas mais evidentes da ferrugem do trigo. O fungo coloniza o interior dos tecidos da planta (B, em fotomicrografia com aumento de 200 vezes), onde produz inicialmente esporos unicelulares alaranjados, os uredosporos (C, em fotomicrografia com aumento de 400 vezes). As pústulas se formam com o rompimento da epiderme da planta (de uma folha, na imagem) e a exposição dos uredosporos (D, em fotomicrografia com aumento de 100 vezes)



DO TRIGO

No século 18, o economista e estatístico britânico Thomas Malthus (1766-1834) já alertava o mundo para as consequências do rápido crescimento populacional e para a questão da segurança alimentar. Segundo a Organização das Nações Uni-

das para Agricultura e Alimentação (FAO), a segurança alimentar existe “quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico, social e econômico a uma alimentação suficiente, segura e nutritiva, que atenda às suas necessidades dietéticas e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável”. Dados da FAO revelam que a população mundial mais que duplicou entre 1961 e 2007 e deverá crescer dos quase 7 bilhões de pessoas atuais para 9,1 bilhões em 2050. Diante desse cenário, certo alarmismo malthusiano voltou a ecoar fortemente em todo o mundo: como todas essas bocas serão alimentadas?

A segurança alimentar mundial dependerá do aumento na produção das três principais culturas de cereais: trigo, arroz e milho. O trigo, no entanto, pode ser consi-

derado a mais importante para a alimentação da população mundial. Cultivado por comunidades humanas desde tempos pré-históricos, é atualmente a principal fonte de calorias em mais de 80 países (inclusive o Brasil), o que corresponde a cerca de 30% da população mundial.

Embora dados da FAO indiquem que a safra global de trigo em 2010 foi a terceira maior já registrada, repentinas interrupções na oferta agitam os mercados, o que torna o cenário econômico e social instável. Exemplo disso foi a longa estiagem de 2010 na região em torno do mar Negro – na Rússia, na Ucrânia e no Cazaquistão. Essa região produz atualmente cerca de 30% do trigo comercializado no mundo, suprimindo a maior parte da demanda mundial. Na época, a Rússia anunciou que perderia cerca de um quinto da sua safra devido à seca e ao calor e impôs restrições às exportações, que se estenderam até julho de 2011. Em consequência, surgiram sinais de inquietação em regiões que importam o trigo russo, como em Moçambique, onde, em setembro de 2010, confrontos provocados em parte por um aumento brusco de 30% no preço do pão resultaram em 13 mortos e centenas de feridos.

>>>

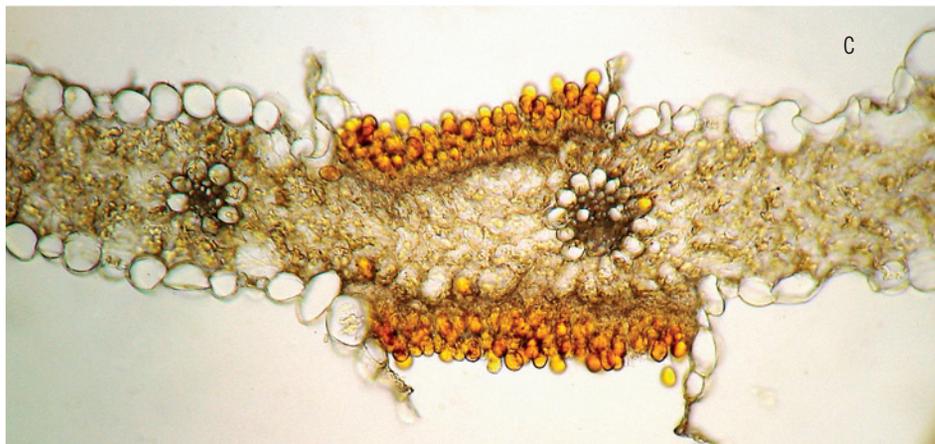
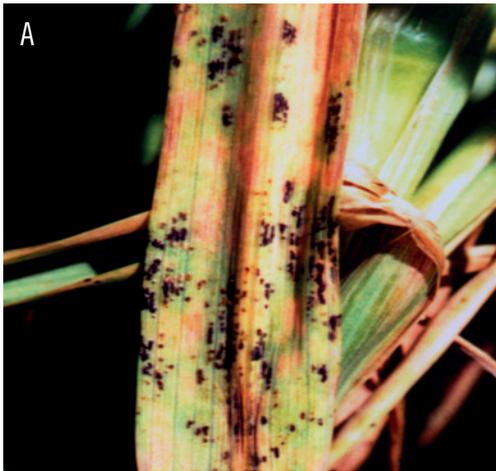


FOTO: D. M. S. OLIVEIRA



Assim como as alterações nos padrões climáticos, como a estiagem na região do mar Negro, a ocorrência de doenças em níveis epidêmicos nas culturas do trigo, arroz e milho representa igualmente um fator de risco para a estabilidade da produção mundial de alimentos.

Fungos patogênicos As ferrugens dos cereais são causadas por fungos basidiomicetos da família Pucciniaceae (ordem Uredinales), que inclui 17 gêneros e cerca de 4.100 espécies – a maioria pertence ao gênero *Puccinia*. Esses organismos são parasitas obrigatórios, ou seja, se desenvolvem apenas em plantas vivas. Os sintomas da doença são lesões elípticas, denominadas ‘pústulas’, resultantes do desenvolvimento dos fungos dentro dos tecidos da planta. O ‘invasor’, após infectar a planta, passa a produzir esporos unicelulares de cor alaranjada (chamados uredosporos) que, ao romper a epiderme do vegetal, formam as lesões típicas da doença (figura 1). Esses esporos são muito leves e facilmente dispersos a longas distâncias pelo vento, disseminando a doença.

No final do ciclo da cultura, quando a planta atinge a maturidade, o fungo passa a produzir outro tipo de esporo no lugar dos uredosporos. Esses novos esporos (denominados teliosporos) são bicelulares e têm coloração marrom-escura, em função de suas espessas paredes celulares. Essa característica confere cor negra às lesões, que nesse caso recebem o nome de ‘télías’ (figura 2).

As espécies de fungos responsáveis pelas ferrugens apresentam diferentes formas fisiológicas, chamadas de ‘raças’. O que define uma raça é sua capacidade de infectar de modo diferenciado as variedades de cada espécie de cereal – isso significa que uma raça do fungo pode causar doença na variedade A de um cereal, mas não nas variedades B ou C, enquanto outra raça poderá infectar a variedade B (e nenhuma das outras). As variedades (do trigo, por exemplo) utilizadas nas plantações são, em geral, resistentes às várias raças do fungo no momento em que são lançadas pelos programas de melhoramento ge-

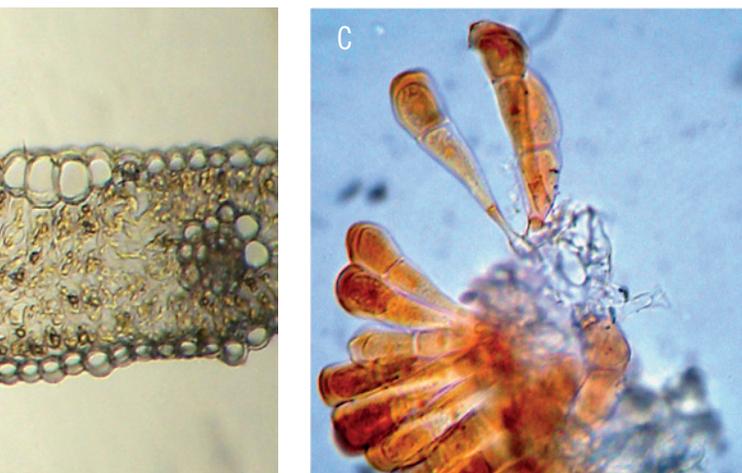
nético, mas, como esses organismos têm alta capacidade de mutação, uma raça pode sofrer uma alteração genética que a torne capaz de infectar uma variedade anteriormente imune.

Há três tipos de ferrugens do trigo, causadas por espécies diferentes de fungos do gênero *Puccinia*: i) ferrugem da folha, causada por *P. triticina*; ii) ferrugem do colmo (o caule das gramíneas), causada por *P. graminis* f. sp. *tritici*; e iii) ferrugem linear, causada por *P. striiformis* f. sp. *tritici* (figura 3) – a abreviatura f. sp. significa *formae specialis* (forma específica), e indica qual espécie (no caso, trigo) é infectada pelo organismo citado.

Embora a ferrugem da folha e a linear infectem preferencialmente as folhas, enquanto a ferrugem do colmo ocorra em geral nessa área da planta, os três tipos da doença podem afetar qualquer parte verde do trigo (figura 4), se as condições ambientais forem propícias ao desenvolvimento da doença e se a variedade cultivada do cereal for muito suscetível. No Brasil, atualmente, apenas a ferrugem da folha tem ocorrido em níveis epidêmicos nas lavouras de trigo.

Ameaça ainda presente Desde a Antiguidade, as ferrugens dos cereais tiveram grande influência nas civilizações humanas. Durante séculos, elas vêm ameaçando a humanidade, impondo sérios prejuízos no rendimento de culturas, bem como impactos econômicos e sociais e, por vezes, fome. Mesmo séculos antes do início da era cristã, os danos causados pelas ferrugens dos cereais foram registrados pelas civilizações grega e egípcia. Devido à sua facilidade de dispersão e de adaptação às variedades dos hospedeiros, as ferrugens continuam sendo uma das maiores preocupações para os programas de melhoramento genético de cereais de importância econômica, como o trigo.

As ferrugens do trigo são o principal fator limitante da produção desse cereal, porque podem reduzir de maneira significativa a produtividade da cultura, ou destruir



FOTOS DE M. S. CHAVES/EMBRAPA

Figura 2. O fungo da ferrugem causa lesões negras denominadas 'télías' (A) em plantas hospedeiras maduras. No interior dos tecidos (B, em fotomicrografia com aumento de 100 vezes), o fungo produz os teliosporos (C, em fotomicrografia com aumento de 400 vezes), esporos bicelulares, amarronzados e de paredes espessas

totalmente uma plantação. Embora essas doenças sejam conhecidas desde a Antiguidade, a estimativa das perdas que provocam só recebeu atenção no século 20, em razão do melhor entendimento da biologia do fungo e da necessidade crescente de avaliar a viabilidade econômica dos investimentos em programas de controle. Desde então, os danos à produção e o impacto econômico das ferrugens do trigo têm sido avaliados em milhões, tanto em toneladas quanto em dólares. Epidemias de ferrugens do trigo, portanto, podem afetar as quatro dimensões envolvidas na segurança alimentar: disponibilidade, estabilidade, acesso e utilização.

Figura 3. Os agentes causadores dos três tipos de ferrugem são diferentes espécies de fungos: *Puccinia triticina* (A) causa a ferrugem da folha do trigo; *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (B) é responsável pela ferrugem do colmo do trigo; e *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (C) causa a ferrugem linear ou estriada

A) FOTO DE M. P. DE ALMEIDA/UFPA. B) E C) FOTOS DE S. CERNANINHA/UBRIGUAM

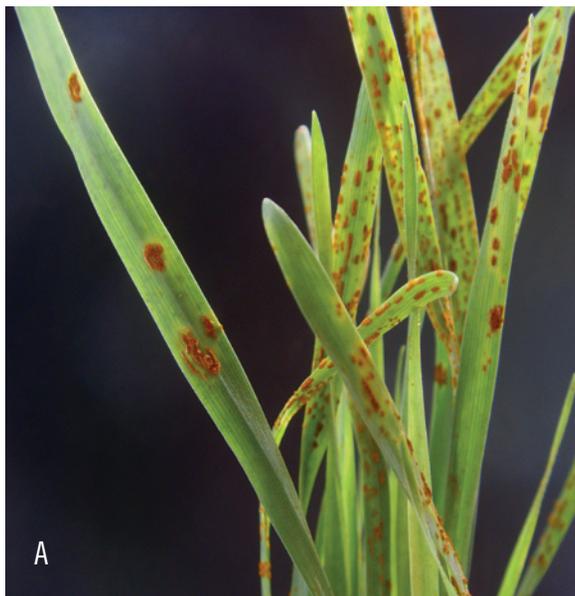


Nova face de antigo inimigo O centeio, outro cereal usado na alimentação, foi uma espécie muito usada no melhoramento genético de trigo. Por meio de cruzamentos entre essas duas espécies, vários genes de resistência às três ferrugens do trigo foram transferidos do centeio para o trigo. Um dos genes mais explorados com essa finalidade, denominado *Sr31*, foi obtido da variedade de centeio Petkus, e conferia resistência a todas as raças de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, o fungo causador da ferrugem do colmo do trigo.

Por mais de 30 anos, o uso do gene *Sr31* não resultou em maiores problemas, e seu emprego foi tão disseminado que hoje ele está presente, provavelmente, em cerca de 80% da área semeada com trigos de primavera (plantados nessa estação do ano) nos países em desenvolvimento. No entanto, a ferrugem mostrou novamente sua capacidade de adaptação, lembrando-nos que sua coexistência milenar com o hospedeiro não poderia ser subjugada.

Em 1999, foi detectada em Uganda uma nova raça de fungo *Puccinia* que adquiriu a capacidade de infectar variedades de trigo com o gene *Sr31* e outros genes de resistência importantes. Essa raça ficou conhecida como Ug99 (em referência ao país africano e ao ano da identificação), e a repercussão mundial desse evento não demorou. A história mostra que, em surtos de ferrugem dessa natureza, a magnitude do problema está relacionada à frequência de uso do gene 'derrotado' nas plantações locais e a condições climáticas favoráveis ao aumento da doença.

>>>



FOTOS DE: P. DE AMENDOURE/ALLES GERMINAUM (URUGUAI) E IGO

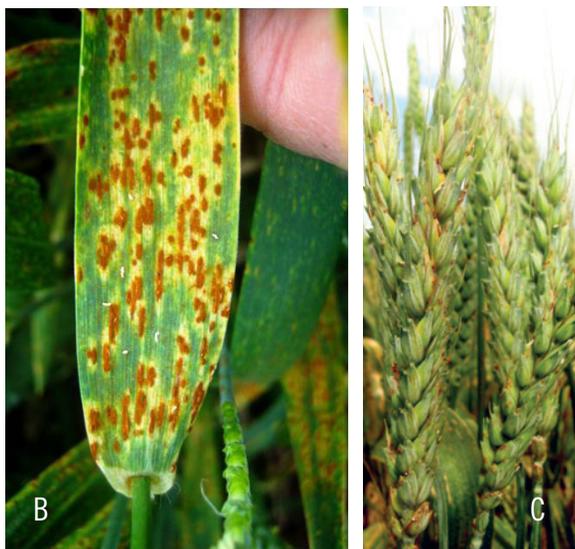


Figura 4. A ferrugem do colmo do trigo pode afetar outras partes da planta, como folhas jovens (A), folhas adultas (B) e espigas (C). Os outros tipos de ferrugem também podem atingir diferentes partes da planta

Desde sua primeira detecção em Uganda, a raça Ug99 já foi confirmada em mais sete países: África do Sul, Etiópia, Iêmen, Quênia, República Islâmica do Irã, Sudão e Zimbábue. No entanto, outros 26 países estão em áreas de risco, entre eles alguns dos 10 maiores produtores mundiais, como Paquistão, Austrália e Índia. Além de originalmente já afetar variedades de trigo com diversos genes de resistência (presentes em plantações de todo o mundo), a nova raça, em seu caminho migratório, tornou-se mais destrutiva, superando as defesas trazidas por outros importantes genes de resistência (também amplamente usados), o que aumenta a vulnerabilidade

global da cultura do trigo. As diversas variantes detectadas até agora são chamadas ‘raças da linhagem Ug99’.

A detecção do Ug99 na África do Sul, em 2007, marcou a primeira constatação da presença dessa nova raça no hemisfério Sul, aumentando ainda mais o estado de alerta sobre o risco de disseminação mundial. Até agora, porém, o Quênia foi o único país que sofreu perdas significativas: também em 2007, quatro quintos de todas as lavouras desse país africano foram afetados, resultando na perda de um quarto da safra (figura 5).

Devido às circunstâncias do surgimento e aos efeitos danosos da raça Ug99, alguns a consideram a ‘pólio’ da agricultura – uma referência à poliomielite, doença humana devastadora e quase esquecida. Também é inevitável a comparação com outros episódios históricos de grande impacto, como a ‘grande fome da batata’, na década de 1840, na Irlanda, e a ‘grande fome do arroz’, em Bengala, na Índia, em 1942 e 1943. Assim, a migração dessa raça do fungo da ferrugem para outras regiões do planeta é reconhecida como uma real ameaça à segurança alimentar mundial.

A ciência contra a fome A genética continua sendo considerada a principal ferramenta para a obtenção de aumentos na produtividade das culturas agrícolas. Isso é conseguido por meio de novas variedades, desenvolvidas com o uso de técnicas de melhoramento clássico (seleção de plantas e cruzamentos controlados) ou de técnicas mais recentes, como a engenharia genética (manipulação artificial de genes).

O surgimento da raça Ug99 no leste africano vem mobilizando a comunidade científica mundial desde 2005. Naquele ano, o agrônomo norte-americano Norman Borlaug (1914-2009), considerado o ‘pai’ da chamada Revolução Verde e ganhador do prêmio Nobel da Paz (em 1970) por sua atuação no combate à fome no mundo, liderou o lançamento de uma ação global para deter o avanço dessa raça e das ferrugens em geral: a Global Rust Initiative (www.globalrust.org), mais tarde nomeada Borlaug Global Rust Initiative (BGRI).

Entre as principais estratégias da BGRI estão o monitoramento da disseminação da raça Ug99, testes massivos de variedades já plantadas de trigo e de linhagens ainda não lançadas comercialmente (para avaliar a suscetibilidade e a resistência) no Quênia e na Etiópia e programas de cruzamentos de variedades para alcançar níveis satisfatórios de resistência. Essa iniciativa também implantou um sistema global de monitoramento dessa raça do fungo, e todas as informações disponíveis podem ser acessadas nos três idiomas oficiais das Nações Unidas (inglês, árabe e russo), no portal Rust Spore (www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/en/). Variedades de trigo que combinam resistência e alto potencial produtivo também já foram identificadas.

FOTOS DE S. GERHARDINA (OPICIDIAN)



Figura 5. Variedade de trigo altamente suscetível à ferrugem do colmo em parcela experimental no Quênia. Em alguns países da África, as safras do cereal vêm sendo afetadas por uma nova ‘raça’ – chamada de Ug99 e que já apresenta variantes – do fungo causador da doença

No Brasil, pesquisas sobre a resistência genética e epidemiologia das ferrugens do trigo vêm sendo realizadas no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária localizada em Passo Fundo (RS). Vários projetos nacionais e internacionais sobre esses temas já foram desenvolvidos, em cooperação com importantes centros de pesquisa em todo o mundo. Desde 2005, a Embrapa Trigo participa das ações da BGRI, com atividades que incluem o monitoramento da ocorrência da ferrugem do colmo no Brasil e o envio de variedades de trigo para testes na África.

A raça Ug99 ainda não foi detectada nas Américas (o que inclui o Brasil), mas testes feitos em 2006 e 2007 no Quênia, onde ela ocorre em alta frequência, mostraram que grande parte das cultivares brasileiras de trigo é suscetível a essa mutação do fungo. Isso representa um sério risco à triticultura brasileira: se a nova raça chegar ao país, os efeitos na produção poderão ser catastróficos.

Embora as ferrugens do trigo continuem a desafiar pesquisadores e produtores de todo o mundo, o atual cenário revela que é incessante a pesquisa para obter variedades resistentes e para disponibilizar estratégias que permitam um manejo adequado da doença. O desenvolvimento e a aplicação dessas estratégias requerem um trabalho multidisciplinar e colaborativo, para converter as informações específicas de várias áreas do conhecimento em respostas valiosas, para sustentar a produção de grãos para os 9 bilhões de pessoas que habitam o planeta nos próximos 50 anos.

CEREAIS E SUAS DOENÇAS

As autoras desenvolvem pesquisas sobre as interações envolvendo cereais de inverno e fungos causadores de ferrugens, com ênfase em resistência genética e epidemiologia das ferrugens do trigo.

Sugestões para leitura

- CHAVES, M. S. e BARCELLOS, A. L. ‘Especialização fisiológica de Puccinia triticina no Brasil em 2002’, em *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, p. 57, 2006.
- CHAVES, M. S., MARTINELLI, J. A., WESP, C. L. e GRAICHEN, F. A. S. ‘The cereal rusts: an overview’, em *Pest Technology*, v. 2, p. 38, 2008.
- CUNHA, G. R. *Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura brasileira*. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2009.

VEJA MAIS NA INTERNET

- >> Borlaug Global Rust Initiative (www.globalrust.org)
- >> Metas de Desenvolvimento do Milênio das Nações Unidas (www.pnud.org.br/odm/).
- >> Rust Spore (www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/en/)