

## Capítulo 4

---

### Complexo de Enfezamento do Milho: Cultivares Resistentes ou Manejo da Cigarrinha?

*Elizabeth de Oliveira Sabato*

**Resumo:** A etiologia e os sintomas das doenças que compõem o “complexo de enfezamento” do milho, bem como aspectos da transmissão dos patógenos envolvidos nesse complexo, por seu único inseto-vetor, a cigarrinha *Dalbulus maidis*, são abordados neste capítulo. Os fatores que afetam a incidência e a proliferação dessas pragas, e a caracterização morfológica e aspectos da biologia dessa cigarrinha são apresentados. Práticas e estratégias de prevenção por escape e utilização de cultivares com resistência genética, para manejo desse complexo, são discutidas com relação à viabilidade e limitações, disponibilidade atual, e eficácia. Essas análises descritivas demonstram que nenhuma medida de controle, seja da cigarrinha, seja das doenças por meio da resistência genética das plantas, é suficientemente eficaz para garantir a sanidade das lavouras de milho. A utilização de cultivares resistentes e o manejo da cigarrinha são medidas que se complementam e que devem ser associadas a práticas para evitar ou para eliminar plantas de milho tiguera e impedir a concentração e a multiplicação do inóculo dos patógenos e do seu inseto-vetor, visando reduzir riscos e conviver com baixa incidência dessas pragas no milho. Práticas para interromper o ciclo das doenças e minimizar o risco de danos pelo “complexo de enfezamento” incluem tratamento de sementes e aplicação de inseticida para controlar a cigarrinha, evitar a permanência de grãos e de plantas voluntárias no campo e a proximidade de plantas doentes, a sincronização da semeadura e a rotação de cultivares, incluindo resistentes que, para serem efetivas, necessitam ser utilizadas por todos os produtores.

Espiroplasma, Fitoplasma, *Dalbulus maidis*.

## Introdução

O cultivo do milho no Brasil tem sido continuamente intensificado tanto por meio da expansão para ocupação de novas áreas em todas as regiões do território nacional quanto pela obtenção de mais de uma safra ao ano, em primeira e em segunda safra (milho safrinha) e em cultivo de alta tecnologia com irrigação por pivô. Para atender a essa intensificação, mais de 300 cultivares de milho têm sido disponibilizadas no mercado de sementes (Cruz et al., 2014; Pereira Filho; Borghi, 2018). Essas cultivares, bem como novas tecnologias de cultivo, de forma geral, têm contribuído para aumentar expressivamente produtividades e produção. Entretanto, atualmente, muitos produtores de sementes e de grãos de milho têm enfrentado perdas significativas causadas por doenças antes consideradas de pouca importância, por causa de sua ocorrência esporádica em baixos níveis de incidência nas lavouras, e que aumentaram muito, ocorrendo atualmente em surtos epidêmicos. Esse é o caso dos enfezamentos causados por mollicutes (espiroplasma e fitoplasma) e da virose denominada risca, cujos agentes causais são transmitidos pela cigarrinha *Dalbulus maidis*. A presença dessa cigarrinha no Brasil é conhecida desde a década de 1950, e a presença dessas doenças é conhecida desde a década de 1970, em níveis muito baixos de incidência, particularmente no milho de semeaduras tardias realizadas no Estado de São Paulo (Costa et al., 1971). A compreensão das interações entre os agentes causais dos enfezamentos e o vírus da risca com o seu inseto-vetor, a cigarrinha *D. maidis*, e destes com o milho e o ambiente, é primordial para a aplicação de medidas de controle e de estratégias de manejo dessas pragas, visando sempre maximizar a sanidade das lavouras e a boa produtividade de sementes e de grãos. É essencial também para permitir a compreensão do aumento expressivo na incidência dessas pragas específicas, em decorrência das alterações tecnológicas incorporadas ao sistema de produção do milho.

Os enfezamentos do milho causados por mollicutes e a virose risca que, geralmente, ocorrem de forma simultânea em uma mesma lavoura de milho, têm sido comumente tratados de forma indiscriminada pelo nome “complexo de enfezamento”.

Neste capítulo, analisamos diversos aspectos da epidemiologia e da resistência do milho às doenças envolvidas no “complexo de enfezamento” para responder à proposição feita pela Comissão Organizadora do Encontro Nacional de Milho Safrinha para nossa apresentação em palestra, explicitada no título: “Complexo de enfezamento do milho: cultivares resistentes ou manejo da cigarrinha?”.

### Complexo de Enfezamento do Milho

“Complexo de enfezamento” é a denominação utilizada por alguns autores para se referirem de forma indefinida a três doenças sistêmicas causadas por três agentes patogênicos com características biológicas e identificação taxonômica completamente distintas, que, sendo transmitidos pelo mesmo inseto-vetor, podem infectar de forma individual e isolada, ou simultaneamente, uma planta de milho. Essa denominação tem sido utilizada por esses autores essencialmente por causa da dificuldade e da limitação para identificação precisa e estudo de forma isolada de cada uma dessas doenças em ocorrência natural no campo (Scott; Rosenkranz, 1974; Borges, 1997; Silva, 2002). Por causarem danos expressivos (Massola Júnior et al., 1999; Sabato, 2017) e serem de limitada previsão de incidência, essas doenças ameaçam continuamente a produção de sementes e de grãos de milho e necessitam contínuo monitoramento e aplicação de práticas para manejo preventivo (Sabato, 2018; Sabato et al., 2018a, 2018c).

Compõem o “complexo de enfezamento”, ocorrendo nas mesmas lavouras e em associação, ou isoladamente, nas plantas de milho, as doenças:

1) **Enfezamento-pálido** (*corn stunt spiroplasma*): doença causada pela infecção do floema da planta de milho com um microrganismo procarionte de forma espiralada, classificado como *Spiroplasma kunkelii* (classe Mollicutes) denominado pelo nome comum espiroplasma (Davis; Worley, 1973; Whitcomb et al., 1986; Ozbek et al., 2003). A identificação visual dessa doença pode ser feita na fase reprodutiva da planta de milho, quando se manifestam os sintomas, sendo sintoma para identificação inequívoca a presença, nas folhas,

de estrias cloróticas esbranquiçadas (**Figura 1**).



**Figura 1.** Enfezamento-pálido (*S. kunkelii*). Foto: E.O.Sabato

Entretanto, nem sempre as plantas infectadas com esse patógeno apresentam essas estrias características. Nas plantas com enfezamento-pálido, em geral, observa-se descoloração na margem e ponta das folhas, associada ao encurtamento de internódios e à formação de espigas pequenas.

O espiroplasma pode ser detectado, na planta de milho ou na cigarrinha, por meio de microscopia ótica de campo escuro, por microscopia eletrônica, por testes sorológicos e por meio de análise

molecular, em teste de PCR (reação em cadeia da polimerase) (Sousa; Barros, 2017). Esse patógeno é transmitido de plantas de milho doentes para plântulas de milho sadias pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, de forma persistente e propagativa, sendo o período latente para sua multiplicação na cigarrinha, em média, 19 dias, em temperatura em torno de 27 °C (Nault, 1980).

2) **Enfezamento-vermelho**: doença associada à presença no floema da planta de milho de um microrganismo procarionte com forma pleomórfica (aspecto esférico ou ovalado) denominado *maize bushy stunt phytoplasma* (MBS-fitoplasma), incluído na classe Mollicutes (Bascope-Quintanilla, 1977; Bedendo et al., 1997; Oliveira et al., 2018). A identificação visual dessa doença pode ser feita na fase reprodutiva da planta de milho, quando aparecem sintomas que se caracterizam, essencialmente, por avermelhamento das folhas, principalmente nas margens e nas pontas (**Figura 2**).

Pode ocorrer encurtamento dos internódios do colmo da planta, e as espigas são pequenas, frequentemente, com poucos grãos, e podem proliferar ao longo do colmo. Alguns genótipos de milho podem apresentar perfilhamento na base da planta e nas axilas foliares.

O MBS-fitoplasma pode ser detectado, na planta e na cigarrinha, por meio de microscopia eletrônica e por meio de análise molecular, em teste de PCR (reação em cadeia da polimerase) (Sousa; Barros, 2017). Esse patógeno é transmitido de plantas de milho doentes para plântulas de milho sadias pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, de forma persistente e propagativa, sendo o período latente necessário para sua multiplicação na cigarrinha, em média, 23 dias, em temperatura em torno de 27 °C (Nault, 1980).



**Figura 2.** Enfezamento-vermelho (MBS-fitoplasma). Foto: E.O.Sabato

3) **Risca:** doença causada pela infecção do tecido meristemático do mesofilo foliar e do floema da planta de milho pelo *Maize rayado fino virus* (MRFV), que forma partículas isométricas. Os sintomas característicos dessa virose são riscas cloróticas que se estendem ao longo das nervuras secundárias das folhas, a partir da base, formadas a partir de pontos cloróticos que coalescem. Essas riscas podem ser visualizadas desde duas semanas após a infecção da plântula,

permanecendo com o mesmo aspecto característico, inequívoco para a identificação dessa virose, na planta adulta (**Figuras 3, 4**).



**Figura 3.** Sintomas da risca (MRFV) em plântula de milho. Foto: E.O.Sabato



**Figura 4.** Sintomas da risca (MRFV) em folha de planta de milho adulta. Foto: E.O.Sabato

O MRFV é transmitido de plantas de milho doentes para plântulas saudáveis pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, de forma semelhante aos vírus que tipicamente se multiplicam no inseto-vetor (Gámez, 1980).

Esse vírus pode ser detectado na planta de milho e na cigarrinha por meio de microscopia eletrônica, de testes sorológicos e testes de RT-PCR (Kitajima, 1979; Hammond et al., 1997; Melo, 2000).

### Inseto-Vetor e Disseminação dos Patógenos Envolvidos no “Complexo de Enfezamento”

**Cigarrinha *Dalbulus maidis*** (Hemiptera: Cicadellidae): inseto pequeno, comumente encontrado no cartucho das plântulas de milho, com comprimento de cerca de 4 mm e coloração variável entre branco e tons palha ou cinza-claro; apresenta duas manchas negras entre os olhos (**Figuras 5,6,7**).



**Figura 5.** Cigarrinhas *D. maidis* em plântula de milho. Foto: E.O.Sabato



**Figura 6.** Cigarrinha *D. maidis*: duas manchas escuras na coroa, entre os olhos. Foto: E.O.Sabato



**Figura 7.** Cigarrinhas *D. maidis* em planta de milho adulta. Foto: E.O.Sabato

Essa cigarrinha se reproduz no milho, fazendo postura abaixo da epiderme foliar, sendo o ciclo de ovo a adulto, de cerca de 20 dias no verão (temperatura média 23,4 °C), de 30 dias no outono (temperatura média 20,5 °C) e de 39 dias no inverno (temperatura média 16,0 °C) (Marín, 1987).

No Brasil, a cigarrinha *D. maidis* e o milho são os únicos hospedeiros dos agentes patogênicos envolvidos no “complexo de enfezamento”. Os teosintos, que também são hospedeiros desses patógenos (Nault, 1980), não são nativos e nem cultivados no território nacional. A infecção de algumas espécies gramíneas com fitoplasma, obtida experimentalmente (Haas, 2010), não tem sido demonstrada em

condições naturais no campo. Por causa dessa estreita dependência de um único inseto-vetor e de uma única espécie de planta hospedeira, fitoplasma, espiroplasma e MRFV, são comumente encontrados nas mesmas lavouras de milho e, comumente, infectando a mesma planta. Entretanto, avaliações realizadas em amostras de folhas de milho de plantas adultas coletadas no campo, em diferentes regiões produtoras de milho, mostraram que, em geral, ocorre predominância de espiroplasma ou de fitoplasma, sendo menos frequente a detecção simultânea de ambos esses patógenos na mesma planta (Oliveira et al., 2002). Por outro lado, a partir de uma única cigarrinha coletada em campo, é possível obter plantas de milho simultaneamente infectadas com fitoplasma e com espiroplasma (Oliveira et al., 2015).

A cigarrinha, que só se reproduz no milho, e que não apresenta fase de repouso em diapausa, necessita utilizar estratégias para sobreviver na ausência desse hospedeiro. Essas estratégias incluem a migração para novas lavouras desse cereal, que pode atingir grandes distâncias (Oliveira et al., 2013a), e também a sobrevivência temporária de parte da população em outras espécies de plantas da família Poaceae, por três a cinco semanas, até a emergência de plântulas de milho, sejam plântulas voluntárias (denominadas milho guacho, ou milho tiguera) ou cultivadas (Sabato et al., 2018a).

Assim, a disseminação dos patógenos envolvidos no “complexo de enfezamento” é essencialmente dependente da disseminação do milho e da cigarrinha. Porém, tanto a proliferação da cigarrinha quanto do fitoplasma, do espiroplasma e do MRFV, seja na planta de milho ou na cigarrinha, é influenciada por condições climáticas.

### **Fatores Climáticos que Afetam a Incidência dos Enfezamentos e da Risca**

Os níveis de incidência dos enfezamentos pálido e vermelho e da risca são diretamente dependentes da densidade populacional de cigarrinhas portadoras dos patógenos agentes causais dessas doenças e da susceptibilidade da cultivar de milho atacada, podendo chegar a 100% de plantas doentes (Oliveira et al., 1998; Sabato 2017; Sabato; Oliveira, 2019).

A temperatura ambiente afeta diretamente a reprodução da

cigarrinha, sendo que, temperaturas acima de 20 °C encurtam o ciclo de ovo a adulto, e temperaturas inferiores a esse valor prolongam esse ciclo (Marín, 1987). Assim, em regiões em que predominam temperaturas em torno ou acima de 30 °C durante o dia e acima de 17 °C durante a noite, onde o milho tem sido cultivado em mais de uma safra ao ano, irrigado por pivô, é possível que a cigarrinha *D. maidis* possa realizar mais ciclos reprodutivos durante o ciclo do milho, acumulando maior densidade populacional em relação às lavouras nas regiões mais frias.

Além da temperatura, aparentemente, a proliferação da cigarrinha *D. maidis* pode ser beneficiada por condição de alta umidade relativa do ar. Comparações entre densidade populacional desse inseto avaliada em milho não irrigado cultivado na estação chuvosa e em milho irrigado cultivado na estação seca, no Piauí, mostraram densidade populacional expressivamente maior no milho irrigado (Meneses et al., 2016). Esse resultado permite entender a preferência da cigarrinha para sobrevivência e reprodução nas folhas do cartucho das plântulas de milho, ambiente que oferece condições de umidade relativa mais alta que folhas das plantas adultas, por causa da retenção de água no cartucho, certamente mais adequado e protetor para o desenvolvimento das ninfas. Por outro lado, a irrigação pode possivelmente favorecer a adaptação da cigarrinha para se reproduzir nas plantas de milho adultas. Em lavouras irrigadas por pivô, frequentemente, é possível observar maior quantidade de cigarrinhas e de ninfas presentes nas folhas localizadas na metade inferior das plantas, ambiente com maior umidade que o das folhas apicais (Elizabeth de Oliveira Sabato, comunicação pessoal).

Estudo feito em área com semeadura semanal de milho, durante três anos consecutivos, mostrou correlação positiva entre aumento nos níveis de incidência de enfezamento e de risca e aumento da umidade relativa do ar (UR%) (Oliveira; Oliveira, 2003).

Por outro lado, independentemente das condições climáticas que favorecem o aumento populacional da cigarrinha *D. maidis*, a proliferação do fitoplasma e do espiroplasma, tanto na cigarrinha quanto nas plantas de milho, é diretamente afetada pela temperatura ambiente. Condições de temperatura média em torno ou inferiores a 20 °C permitem o crescimento do fitoplasma, na cigarrinha e na

planta, embora estendendo o período latente para transmissão pela cigarrinha para 40 dias, e impedem o crescimento do espiroplasma. Temperaturas médias em torno de 25 °C permitem o crescimento de ambos os mollicutes, na cigarrinha e na planta. Nessa condição, nas plantas, predominam sintomas de infecção com espiroplasma, possivelmente por causa de crescimento mais rápido desse mollicute, em relação ao fitoplasma (Sabato et al., 2018b).

Temperaturas mais elevadas do período primavera/verão proporcionaram aumento na incidência e na redução do crescimento de plantas doentes, em híbridos de milho submetidos à inoculação com espiroplasma e com fitoplasma, isoladamente, em relação ao número de plantas doentes, e redução do crescimento quando o experimento de inoculação dos mesmos híbridos foi conduzido no período outono/inverno (Sabato et al., 2014).

É amplamente conhecido que a expressão da resistência a diversas doenças, seja do tipo vertical ou do tipo horizontal, pode ser influenciada pela temperatura ambiente, e que há genótipos que se comportam como resistentes ou como suscetíveis a determinada doença, dependendo da temperatura ambiente (Stakman; Harrar, 1957).

Assim, é possível que o efeito direto da temperatura na multiplicação do espiroplasma e do fitoplasma na planta de milho, associado aos possíveis efeitos na planta, possa ser um fator de interferência no comportamento de genótipos de milho quanto à resistência às doenças causadas por esses patógenos, em diferentes condições do ambiente.

### **Aspectos Gerais do Melhoramento Genético do Milho para Resistência a Doenças**

O método de retrocruzamento é indicado para a transferência de um ou de poucos alelos de uma linhagem de milho resistente a uma determinada doença, para uma linhagem-elite a ser utilizada na produção de um híbrido resistente, quando o controle genético da resistência a essa doença é do tipo dominante ou recessivo, havendo necessidade de apenas uma linhagem resistente na composição desse híbrido, se o alelo que confere resistência for dominante.

Esse tipo de resistência dominante/recessivo, condicionada por um ou poucos alelos, é específica para uma ou para poucas raças do patógeno, sendo denominada resistência vertical, e pode ser “quebrada” por determinadas raças do patógeno. Por outro lado, o método de seleção recorrente é indicado para permitir a recombinação dos genes e a obtenção de genótipos mais resistentes quando a resistência é quantitativa em relação ao número de alelos presentes. Esse tipo de resistência pode se expressar em relação a todas as raças do patógeno, sendo denominada resistência horizontal. Nesse caso, além das interações alélicas do tipo dominante/recessiva, é possível encontrar herança quantitativa, do tipo aditiva, e interações epistáticas. Outra estratégia é a associação de alelos que conferem a resistência em uma mesma linhagem, denominada “piramidação de genes”, que reduz a possibilidade da quebra da resistência, por variantes genéticas, ou por raças do patógeno (Camargo, 1995).

Esses aspectos evidenciam a importância e a essencialidade de se conhecer o tipo de resistência, bem como a herdabilidade desse caráter, de forma isolada para cada uma das doenças do milho envolvidas no denominado “complexo de enfezamento”, quando se pretende a obtenção de cultivares resistentes, e a estabilidade dessa resistência. Evidenciam também a importância de se conhecer a amplitude da variabilidade genética de cada um dos patógenos envolvidos nesse complexo patossistema.

A utilização de cultivares com resistência genética tem sido sempre a forma mais efetiva e econômica de controle de doenças para obtenção de alta produtividade e qualidade de produtos, para todas as espécies de plantas cultivadas. Contudo, a possibilidade de ampla utilização dessa prática no caso do “complexo de enfezamento” do milho ainda é limitada, essencialmente por causa da dificuldade ainda encontrada para produção de cultivares resistentes.

### **Resistência do Milho ao “Complexo de Enfezamento”**

A resistência do milho ao “complexo de enfezamento” pressupõe resistência simultânea às três doenças envolvidas: enfezamento-pálido, enfezamento-vermelho e risca. Entretanto, até esse momento, há carência de informações específicas para cada uma

delas, havendo alguns estudos referentes ao controle genético da resistência, principalmente para o enfezamento-pálido causado por espiroplasma.

Esses estudos conduzidos em campo, por meio da avaliação de dialelos entre linhagens ou entre híbridos de milho, frequentemente, referem-se ao “complexo de enfezamento”, e alguns informam a predominância de plantas com sintomas do enfezamento-pálido. Nesses estudos tem sido constatada predominância de efeito aditivo na herança da resistência e presença de efeito de dominância, com alta herdabilidade dessa resistência (Scott; Rosenkranz, 1974; Silva et al., 2002; 2003; Silveira et al., 2008). Estudo conduzido em condições controladas com inoculação do espiroplasma confirma esses resultados (Oliveira et al., 2013b).

Contudo, diversos fatores ainda dificultam esses estudos e o rápido progresso da seleção para resistência ao “complexo de enfezamento”, destacando-se: incerteza referente à ocorrência natural e predominância de cada um dos três patógenos; ausência de métodos para fácil e rápida detecção desses agentes em grande número de amostras, dificuldade e limitação para inoculação desses patógenos, isoladamente, em muitas plantas, em condições controladas, pouco conhecimento sobre a variabilidade genética e fisiológica de cada um desses patógenos e efeitos de interação entre eles, influência da temperatura na resistência. Há evidências da existência de variações fisiológicas entre diferentes isolados de molicutes (Oliveira et al., 2011; 2015; Orlovski et al., 2017), entretanto, há carência de informações quanto à existência de raças e a importância dessa variabilidade para o desenvolvimento e a utilização de cultivares de milho resistentes. Essas dificuldades limitam a garantia de eficácia e de estabilidade da resistência de cultivares de milho quando identificadas ou desenvolvidas em meio ambiente específico, para uso em ambientes diversos.

### **Cultivares Resistentes ao “Complexo de Enfezamento”**

Apesar das limitações encontradas, a produção e/ou a avaliação de cultivares de milho com resistência ao “complexo de enfezamento” tem sido realizada em campo (Borges, 1997; Teixeira et al., 2013).

Informações sobre a resistência de diversas cultivares de milho aos enfezamentos têm sido divulgadas para o mercado de sementes. De acordo com levantamento feito por Cruz et al., em 2014 (citado por Teixeira; Sabato, 2017), entre 478 cultivares de milho disponíveis no mercado para a safra 2014/2015, 35,56% não apresentaram informações sobre a resistência aos enfezamentos, e 40,17% foram classificadas como resistente, medianamente resistente, altamente tolerante ou tolerante, e 24,27% classificadas como medianamente tolerante, medianamente suscetível, suscetível ou com baixo nível de resistência. Contudo, há carência de informações quanto à resistência específica de cada uma dessas cultivares em relação a cada uma das três doenças envolvidas no “complexo de enfezamentos”.

Essa realidade indica a inconveniência de se recorrer apenas a cultivares resistentes para controle do “complexo de enfezamento”, considerando-se também que resistência às doenças envolvidas nesse complexo não é a única característica sempre desejável em uma cultivar de milho, e já que a grande pressão de surtos epidêmicos que tem ocorrido em anos recentes (Sabato, 2017), associada à alta densidade populacional de cigarrinhas *D. maidis*, que tem o milho como único hospedeiro, não se pode garantir a eficácia e nem a durabilidade da resistência dessas cultivares em diferentes ambientes.

Por outro lado, a existência de cultivares de milho com resistência genética ao “complexo de enfezamento” confirma a viabilidade da obtenção de outras, mesmo com as limitações consideradas no tópico anterior para discriminação precisa da resistência a cada um dos três patógenos envolvidos, no campo, e ao risco permanente de “quebra” dessa resistência, por um desses patógenos. Além disso, a possibilidade da avaliação discriminada da resistência de linhagens por meio de inoculação com cada um desses patógenos é uma alternativa possível para aprimoramento da seleção feita em condições de campo (Sabato; Teixeira, 2017), e pode contribuir para futura piramidação de genes de resistência.

Considerando os fatores que limitam a utilização apenas de cultivares de milho resistentes para controle do “complexo de enfezamento”, o manejo da cigarrinha também é essencial e relevante para esse fim, particularmente em determinadas condições. O manejo

da cigarrinha pode contribuir para reduzir a pressão dessas doenças em uma região e para proteger a resistência de cultivares. Porém, esse manejo do inseto-vetor dos agentes causais do “complexo de enfezamento”, de forma isolada, também é insuficiente para impedir a disseminação das doenças, e, de forma eficaz, evitar sempre danos na produção do milho.

### **Manejo da Cigarrinha**

Há vários produtos inseticidas registrados no Ministério da Agricultura e Abastecimento (Mapa) para controle da cigarrinha *D. maidis*, indicados no site Agrofit: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (Brasil, c2003). Esses inseticidas, em maioria, são do grupo neonicotinoides, e são recomendados para controle da cigarrinha por meio do tratamento das sementes. Para pulverização, há inseticidas químicos e inseticidas à base de fungo entomogênico, *Bouveria bassiana*.

Entretanto, embora esses produtos inseticidas possam reduzir a população desse inseto-vetor em uma lavoura de milho, essa redução pode não resultar em redução direta na incidência do “complexo de enfezamento” nessa lavoura. Isso, porque, sendo rápida a transmissão dos patógenos envolvidos nesse complexo, a infecção da plântula pode ocorrer antes da morte da cigarrinha ser causada pelo inseticida presente na planta. Além disso, se essa lavoura estiver situada em proximidade de lavoura com plantas de milho adultas, ela poderá receber continuamente cigarrinhas migrantes dessas áreas, infectantes com esses patógenos e, nesse caso, as plântulas serão continuamente infectadas.

Por outro lado, se todos os produtores utilizarem a prática de tratar as sementes de milho com produtos inseticidas para controle da cigarrinha, a densidade populacional desse inseto poderá ser reduzida ao nível regional e, em consequência, a disseminação dos patógenos do “complexo de enfezamento” também será reduzida.

O tratamento das sementes com inseticidas e a pulverização das plântulas nos estádios iniciais de desenvolvimento (V3 e V4) para controle da cigarrinha são ações importantes dentre as diversas práticas que têm sido recomendadas para o manejo do risco de

danos pelos enfezamentos e pela virose risca, no milho.

### **Integração de Medidas de Controle e de Medidas de Escape para Manejo do Risco de Enfezamentos e de Risca no Milho**

Como não existe uma única medida de controle suficientemente eficaz para controlar o “complexo de enfezamento” do milho, é importante utilizar de forma integrada medidas de controle e medidas para escape da cigarrinha, associadas a medidas para escape do inóculo dos patógenos do “complexo de enfezamento” e medida de controle por meio da resistência genética, para evitar, ou ao menos minimizar, os danos que podem ser causados pelas doenças envolvidas nesse complexo.

Essas medidas, essencialmente preventivas, interrompem o ciclo das doenças, e devem ser utilizadas considerando-se aspectos dos sistemas de produção de sementes e de grãos de milho em diferentes ambientes, e incluem:

1. Evitar o estabelecimento e a permanência de plantas de milho voluntárias, provenientes dos grãos remanescentes da colheita (milho tiguera, ou milho guacho). Essas plantas voluntárias proporcionam a proliferação e a concentração de inóculo dos molicutes e do vírus da risca e a concentração e o aumento da densidade populacional do seu inseto-vetor, a cigarrinha *D. maidis* (Sabato et al., 2018c). Para evitar a emergência de milho tiguera é importante planejar a colheita evitando ao máximo a perda de espigas e de grãos. É importante também realizar a remoção das espigas e grãos perdidos na colheita, por meio de cata manual ou de equipamento de sucção, se for possível. Em pequenas áreas, em determinados ambientes, pode-se pensar na introdução de bovinos ou de pequenos animais, como galinhas, para se alimentarem desses grãos. Por outro lado, o controle do milho tiguera com herbicidas, quando for o caso, deve ser feito com antecedência de pelo menos 30 dias antes da semeadura de nova lavoura de milho, porque as cigarrinhas presentes na área podem sobreviver nas plantas de milho enquanto houver tecido verde e parte da população desse inseto pode sobreviver também em

outras espécies da família Poaceae (braquiária, milheto, sorgo) por algumas semanas (três a cinco), até a emergência de novas plântulas de milho, sejam voluntárias ou cultivadas.

2. Evitar a semeadura em proximidade de lavoura de milho com plantas adultas apresentando sintomas do “complexo de enfezamento”, situação que facilita a migração de cigarrinhas infectantes com os patógenos das doenças incluídas nesse complexo para as plântulas da nova lavoura. Se possível, sincronizar a semeadura do milho em uma região. Essa ação pode evitar situação de semeaduras em diferentes datas, permitindo a multiplicação do inóculo dos patógenos e da população de cigarrinhas nas lavouras semeadas primeiro, para conseqüente infecção das plântulas de lavouras semeadas posteriormente.
3. Tratar as sementes com inseticidas para controle da cigarrinha *D. maidis* e realizar uma ou duas pulverizações para controle desse inseto nos estádios iniciais de desenvolvimento das plântulas (V3 e V4), o que deve ser feito por todos os produtores de milho, visando sempre reduzir a densidade populacional da cigarrinha na região. Assim, pode-se evitar que lavouras semeadas em diferentes períodos possam concentrar e multiplicar cigarrinhas e inóculo dos patógenos do “complexo de enfezamentos” para infecção contínua e progressiva de novas lavouras com plântulas. Em campos de produção de sementes, recomenda-se realizar também uma pulverização nas plantas adultas, em proximidade ao final do ciclo, para reduzir a população de cigarrinhas infectantes produzida na área, considerando-se que, em geral, linhagens são mais susceptíveis e adequadas para multiplicação desses patógenos, que os híbridos. A heterose contribui para a resistência dos híbridos.
4. Realizar a rotação de cultivares de milho para evitar a adaptação de variantes fisiológicas dos patógenos do “complexo de enfezamento”. Utilizar cultivares com resistência genética a esses patógenos, quando possível, e se disponíveis no mercado, visando sempre evitar ou minimizar perdas no caso de alta incidência das doenças na área.

## Considerações Finais

As análises incluídas nos tópicos anteriores evidenciam limitações difíceis de serem vencidas para controlar de forma eficaz as doenças que compõem o “complexo de enfezamento do milho”, seja por meio da utilização de cultivares resistentes ou por meio apenas do manejo da cigarrinha. Nenhuma dessas medidas, isoladamente, pode garantir controle eficaz e durável desse complexo de doenças.

Assim, em resposta à questão proposta no título, afirmamos que a utilização de cultivares resistentes e o manejo da cigarrinha são medidas que se complementam para manejo do risco de alta incidência e danos pelos enfezamentos e virose risca, que compõem o “complexo de enfezamento do milho”. Acrescentamos que evitar o estabelecimento do milho tiguera e/ou eliminar essas plantas e evitar a semeadura em proximidade de lavouras com plantas adultas doentes são outras medidas essenciais para o manejo e convivência com as pragas envolvidas nesse patossistema. Entretanto, as práticas recomendadas para esse manejo do risco necessitam ainda estudos em vários aspectos, e aprimoramentos contínuos, principalmente o desenvolvimento de cultivares de milho resistentes ao “complexo de enfezamento”.

É importante observar que a proposição de convivência com essas pragas significa reduzir níveis de densidade populacional da cigarrinha e reduzir disponibilidade de inóculo dos agentes causais das doenças e, em consequência, diminuir os níveis de incidência dessas doenças e, portanto, os níveis de dano na produção das lavouras de sementes e de grãos de milho.

Para maior eficácia do manejo do risco, como proposto em tópico anterior, é essencial que os agentes envolvidos no sistema de produção do milho saibam identificar os sintomas dos enfezamentos e da risca nas plantas, bem como a cigarrinha *D. maidis*, e que todos os produtores realizem sempre as práticas que são recomendadas para esse fim.

Ressalta-se ainda que, particularmente as práticas recomendadas para evitar o estabelecimento do milho tiguera, contribuem também para maximizar o rendimento da colheita e para impedir que plantas

voluntárias de milho perpetuem, além dos patógenos do “complexo de enfezamento” e da cigarrinha, outras pragas nocivas.

## Referências

BASCOPE-QUINTANILLA, J. B. **Agente causal de la llamada “raza mesa central” del achaparramiento del maiz.** 1977. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Escuela Nacional de Agricultura, Colégio de Postgraduados, Chapingo, 1977.

BEDENDO, P. P.; DAVIS, R. E.; DALLY, E. L. Molecular evidence for the presence of maize bushy stunt phytoplasma in corn in Brazil. **Plant disease**, v. 81, n. 8, p. 957, 1997.

BORGES, R. T. P. B. **Método de seleção em milho para resistência ao vírus da risca-fitoplasma-espiroplasma.** 1997. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: sistemas de agrotóxicos fitossanitários.** Brasília, DF, c2003. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CAMARGO, L. E. A. Análise genética da resistência e da patogenicidade. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. (Ed.) **Manual de fitopatologia.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 470-492.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; ARRUDA, S. C. Moléstias de vírus e de micoplasma no milho em São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v. 4, n. 4, p. 39-41, 1971.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SIMÃO, E. P. **478 cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes no Brasil para a safra 2014/2015.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 35 p.

DAVIS, R. E.; WORLEY, J. F. Spiroplasma: motile, helical microorganism associated with corn stunt diseases. **Phytopathology**, v. 63, p. 403-408, 1973.

GÁMEZ, R. **Maize rayado fino virus**. Surrey: Commonwealth Mycological Institute: Association of Applied Biologists, 1980. (CMI/AAB, Descriptions of Plant Viruses, 220).

HAAS, I. C. R. **Potenciais hospedeiros alternativos para o fitoplasma, o espiroplasma, agentes do enfezamento do milho, e alterações bioquímicas em plantas infectadas por espiroplasma**. 2010. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

HAMMOND, R. W.; KOGEL, R.; RAMIREZ, P. Variability of geographically distinct isolates of maize rayado fino virus in Latin America. **Journal of General Virology**, v. 78, n. 12, p. 3153-3159, 1997.

KITAJIMA, E. W. Citopatologia e localização de vírus de milho e de leguminosas alimentícias nas plantas infectadas e nos vectores. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, n. 2, p. 241-254, 1979.

MARÍN, R. L. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae). **Revista Peruana de Entomología**, v. 30, p. 113-117, 1987.

MASSOLA JÚNIOR, N. S.; BEDENDO, I. P.; AMORIM, L.; LOPES, J. R. S. Quantificação de danos causados pelo enfezamento vermelho e enfezamento pálido do milho em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 136-142, 1999.

MELO, P. R. **Estudo da variabilidade e do uso de métodos moleculares na detecção dos vírus do rayado fino e do mosaico-comum-do milho (*Zea mays* L.)**. 2000. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2000.

MENESES, A. R.; QUERINO, R. B.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, A. H. N.; SILVA, P. R. R. Seasonal and vertical distributivo of *Dalbulus maidis* (hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian corn fields. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 750-754, 2016.

NAULT, L. R. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. **Phytopathology**, v. 70, n. 7, p. 659-662, 1980.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R.; NAULT, L. R. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize of season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 147, n. 2, p. 141-153, 2013a.

OLIVEIRA, E.; CARVALHO, R. V.; DUARTE, A. P.; ANDRADE, R. A.; RESENDE, R. O.; OLIVEIRA, C. M.; RECO, P. C. Mollicutes e vírus em milho na safrinha e na safra de verão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 2, p. 38-46, 2002.

OLIVEIRA, E.; GAMA, E. E. G.; TEIXEIRA, F. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, A. R. Genetic control of maize resistance to corn stunt spiroplasma. **Phytopathogenic Mollicutes**, v. 3, n. 2, p. 68-71, 2013b.

OLIVEIRA, E.; LANDAU, E. C.; SOUSA, S. M. Simultaneous transmission of phytoplasma and spiroplasma by *Dalbulus maidis* leafhopper and symptoms of infected maize. **Phytopathogenic Mollicutes**, v. 5, p. S99-S100, 2015.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, A. C. Incidência de enfezamento e de *Maize rayado fino virus* em milho em diferentes épocas de plantio e relação entre a expressão de sintomas dos enfezamentos e produção. **Summa Phytopathologica**, v. 29, n. 3, p. 221-224, 2003.

OLIVEIRA, E.; SOUZA, S. M.; LANDAU, E. C. Transmission of maize bushy stunt phytoplasma by *Dalbulus maidis* leafhopper. **Bulletin of Insectology**, v. 64, p. S153-S154, 2011.

OLIVEIRA, E. de; VALIUNAS, D.; JOVIÉ, J.; BEDENDO, I. P.; URBANAVICIENÉ, L.; OLIVEIRA, C. M. de. Occurrence and epidemiological aspects of phytoplasmas in cereals. In: RAO, G. P.; BERTACCINI, A.; FIORE, N.; LIEFTING, L. W. (Ed.). **Phytoplasmas: plant pathogenic bacteria. I. Characterisation and epidemiology of phytoplasma: associated diseases.** Singapore: Springer, 2018. cap. 3, p. 67-89.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES, F. T.; PAIVA, E.; REZENDE, R. O.; KITAJIMA, E. W. “Enfezamento pálido” e “Enfezamento vermelho” na cultura do milho no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 45-47, 1998.

ORLOVSKI, Z.; CANALE, M. C.; HARYONO, M.; LOPES, J. R. S.; KUO, C. H.; HOGENHOUT, S. A. A few sequence polymorphisms among isolates of Maize bushy phytoplasma associated with organ proliferation symptoms of infected maize plants. **Annals of Botany**, v. 119, n. 5, p. 869-884, 2017.

OZBEK, E.; MILLER, S. A.; MEULIA, T.; HOGENHOUTH, S. A. Infection and replication sites of *Spiroplasma kunkelli* (Class: Mollicutes) in midgut and Malpighian tubules of the leafhopper *Dalbulus maidis*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 82, n. 3, p. 167-175, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho no Brasil: a dominância dos transgênicos.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 223).

SABATO, E. O. Enfezamentos do milho. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). **Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 11-24.

SABATO, E. O. **Manejo do risco de enfezamentos e da cigarrinha no milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 226).

SABATO, E. O.; GALVÃO, S. R.; LANDAU, E. C. Efeitos da temperatura no enfezamento pálido do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30.; SIMPÓSIO SOBRE LEPTÓPTEROS COMUNS A MILHO, SOJA E ALGODÃO, 1., 2014, Salvador. **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global: resumos expandidos**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106523/1/Efeitos-temperatura.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2019.

SABATO, E. O.; KARAM, D.; OLIVEIRA, C. M. de. **Sobrevivência da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera Cicadelidae) em espécies de plantas da família Poaceae**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018a. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 175).

SABATO, E. de O.; LANDAU, E. C.; BARROS, B. de A. Effect of environmental temperature on transmission of mollicutes by *Dalbulus maidis* leafhopper in maize. **Phytopathology**, v. 108, n. 10S, p. S1.73, 2018b. Suplemento. Trabalho apresentado no International Congress of Plant Pathology - ICPP, 2018, Boston. Plant health in a global economy: abstracts.

SABATO, E. O.; OLIVEIRA, C. M. Densidade da cigarrinha *Dalbulus maidis* e reflexo na infecção do milho com mollicutes e MRFV. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 51., 2019, Recife. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2019. p. 425.

SABATO, E. de O.; OLIVEIRA, C. M. de; COELHO, A. M.; LANDAU, E. C. **O papel do milho tiguera na perpetuação e concentração da cigarrinha *Dalbulus maidis*, do inóculo de mollicutes e de vírus da risca**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018c. 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 248)

SABATO, E. O.; TEIXEIRA, F. F. Avaliação da resistência genética do milho aos enfezamentos causados por mollicutes. In: OLIVEIRA,

C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). **Doenças em milho**: insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 189-198.

SCOTT, G. E.; ROSENKRANZ, E. E. Effectiveness of recurrent selection for corn stunt resistance in a maize variety. **Crop Science**, v. 14, p. 758-760, 1974.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 921-928, 2003.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 3, p. 18-29, 2002.

SILVEIRA, F. T.; MORO, J. R.; SILVA, H. P.; OLIVEIRA, J. A.; PERECINI, D. Herança da resistência ao enfezamento em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1717-1723, 2008.

SOUSA, S. M.; BARROS, B. A. Detecção molecular de mollicutes em milho. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). **Doenças em milho**: insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 26-34.

STAKMAN, E. C.; HARRAR, J. G. **Principles of plant pathology**. New York: The Ronald Press, 1957. 581 p.

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M.; SABATO, E. O.; LEITE, C. E. P.; MEIRELLES, W. F.; GUIMARÃES, C. T.; BELIQUAS, S. N. Pré-melhoramento de milho quanto à resistência a enfezamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 51-58, 2013.

TEIXEIRA, F. F.; SABATO, E. O. Resistência do milho aos enfezamentos causados por mollicutes. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). **Doenças em milho**: insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 181-188.

WHITCOMB, R. F.; CHEN, T. A.; WILLIAMSON, D. L.; LIAO, C.;

TRULLY, J. G.; BOVÉ, J. M.; MOUCHES, C.; ROSE, D.; COAN, M. E.; CLARK, T. B. *Spiroplasma kukelii* sp. Nov.: characterization of the ethiological agent of corn stunt disease. **International of Systematic Bacteriology**, v. 36, n. 2, p. 170-178, 1986.