

## O impacto do estresse ambiental na formação e desenvolvimento das espigas de milho

Stephen D. Strachan, Ph.D.  
Pesquisador da DuPont

Adaptado por Fabrício Passini - Gerente de Agronomia Sul

Este comunicado técnico tem como objetivo mostrar os principais tipos de estresse sofridos pelo milho e que causam impacto direto no desenvolvimento das espigas de uma lavoura.

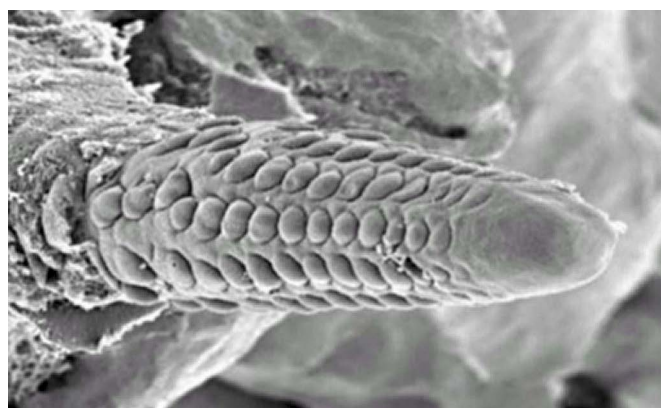
Os estádios de desenvolvimento do milho utilizados neste artigo são baseados na publicação de Iowa State Publication "Corn Growth and Development" (Abendroth et al., 2011).

O estresse ambiental durante qualquer um dos quatro estádios de desenvolvimento da espiga pode causar efeitos no número e peso de grãos e, subsequentemente, diminuir a produtividade da lavoura de milho. Os quatro estádios críticos do estresse são:

1. Quando a espiga de milho estiver desenvolvendo o máximo do número de grãos em volta da espiga (aproximadamente no estádio V7);
2. Quando a espiga estiver estabelecendo o número máximo de óvulos ao longo do comprimento da espiga (logo antes do florescimento);
3. Quando o número máximo de óvulos estiver sendo polinizado para desenvolver os embriões (fase de polinização);
4. Quando a espiga estiver desenvolvendo o tamanho máximo de grãos durante a fase de enchimento de grãos (aproximadamente em R3 a R5).

### ESTRESSE AMBIENTAL DURANTE O ESTABELECIMENTO DO NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA

Dependendo do ciclo, a planta de milho determina o número máximo de fileiras de grãos na espiga. Isso ocorre, aproximadamente, entre os estádios fenológicos V5 a V8. A **figura 1** mostra uma espiga de milho no estádio fenológico V9.



**Figura 1:** Desenvolvimento primário de uma espiga no estádio fenológico V9 - Cortesia de Dr. Antônio Perdomo, DuPont Pioneer.

Observando a **figura 1**, o meristema de crescimento está presente na ponta da espiga, indicando que este ainda está produzindo novas fileiras de óvulos ao longo do seu comprimento. Os dois terços superiores da espiga mostram uma série de fileiras simples de desenvolvimento de óvulos, os quais, eventualmente, se dividem para produzir um par de fileiras únicas. Esta formação pariada é visível perto da base da espiga, e a divisão explica o porquê de uma espiga ter sempre um número par de fileiras de milho.

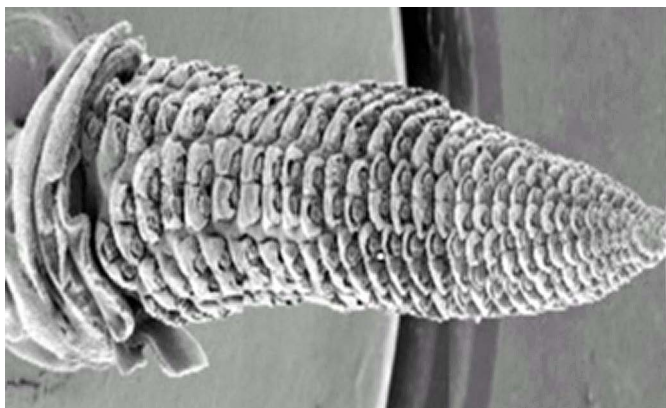
A localização da espiga primária varia de acordo com a genética. O híbrido de milho na **figura 1** é superprecoce e a sua espiga, primária, ou seja, a espiga a ser colhida está localizada na inserção da folha em V14. Em geral, é possível ter diferenças na posição dos híbridos dessa faixa de ciclo. Por exemplo, híbridos mais precoces, como o caso dos hiperprecoces, podem apresentar a espiga primária localizada nos nós abaixo de V12. Já híbridos mais tardios, a espiga primária pode ser localizada acima de V14.

O ponto de inserção da primeira espiga é uma excelente referência para determinar quando iniciou a formação da espiga. Um guia geral, para determinar quando isso ocorre, é descontar 7 estádios

do ponto de inserção da primeira espiga. Por exemplo, no caso da **figura 1**, onde a inserção da espiga estava no estágio vegetativo V14, se iniciou a formação no estágio fenológico V7.

O estabelecimento do número de grãos por fileira de uma espiga de milho é um evento crítico no ciclo de vida da planta. Se normalmente um híbrido tem de 16 ou 18 fileiras de grãos por espiga, e se ela está com menos do que o número normal, esse estresse pode ter ocorrido, aproximadamente, em V7. Esta informação ajuda o produtor a estabelecer uma janela ideal para se observar o evento que pode ter causado essa resposta.

O número máximo de óvulos que toda a espiga de milho irá produzir é determinado pelo tempo que a planta de milho passa por cerca de mais de quatro estádios vegetativos.



**Figura 2:** Desenvolvimento de uma espiga primária de milho.

A **figura 2** ilustra uma espiga colhida no estágio fenológico V12 do mesmo híbrido da **figura 1**. O meristema apical não está mais presente, então o potencial máximo de formação de óvulos já está estabelecido. A formação pareada dos óvulos está presente ao longo de toda a espiga. Para um diagnóstico, se uma espiga tem um número de fileiras normais, porém com encurtamento no tamanho, possivelmente o estresse ambiental que causou este problema foi ocorrido até o estágio fenológico V12.

Herbicidas inibidores da divisão celular, tais como as sulfuniuréias, podem substancialmente afetar a formação da espiga quando aplicados durante a formação dos óvulos. Para a maioria das genéticas de milho, isto ocorre quando a planta está entre V7 e V10. As plantas de milho devem metabolizar estes herbicidas por segurança. Se o metabolismo está incompleto e o ingrediente ativo do herbicida for translocado para o desenvolvimento da espiga, pode ocorrer uma inibição da formação dos óvulos, gerando fileiras simples.

Quando há ocorrências como essas, as espigas de milho mudam abruptamente o número de fileiras se olhado da sua base para a

ponta. Pode-se chamar isso de estrangulamento da espiga, como é mostrado na **figura 3**.



**Figura 3:** Espiga com sintoma de má formação (Estrangulamento), causado pela aplicação irregular dos herbicidas sulfuniuréias.

### ESTRESSE AMBIENTAL GERADO QUANDO AS ESPIGAS DE MILHO ESTÃO ESTABELECENDO O NÚMERO DE GRÃOS POR FILEIRA

O desenvolvimento dos óvulos entre os estádios de iniciação das espigas até a polinização pode ser pensado como um processo dinâmico de dois passos. O primeiro passo é a inicialização dos óvulos. O segundo passo é a divisão e diferenciação celular que pode ocorrer para preparar esses óvulos para a fertilização. Em qualquer momento, entre a iniciação da espiga e a polinização, pode ocorrer a formação e diferenciação dos grãos nas fileiras de milho. Os óvulos perto da base da espiga se desenvolvem primeiro, e logo após o desenvolvimento dos grãos em sequência.

Após a planta de milho estabelecer o número máximo de óvulos para sustentar o seu desenvolvimento, os nutrientes, a energia, e a água devem ser supridos. Se todos esses recursos estiverem adequados, os óvulos ao longo da espiga estarão desenvolvidos suficientemente para produzir o estigma e receptivos para o pólen. Se os recursos estiverem limitados, alguns óvulos serão sacrificados para permitir que a planta de milho suporte adequadamente o restante deles.

Esses óvulos serão abortados dependendo do tamanho, tipo e duração do estresse ambiental. Se o estresse for muito grande nesse momento, os óvulos serão eliminados, restando apenas os óvulos da base, que são menos suscetíveis a esse estresse porque são desenvolvidos perto da fonte de nutrientes. Se o estresse for muito forte, em um curto espaço de tempo, a má formação poderá ocorrer em qualquer parte da espiga.

A **figura 4** ilustra o desenvolvimento de uma espiga de milho híbrido em um clima semitropical. O mesmo híbrido foi plantado a cada 4 dias, desde o dia 20 de dezembro até o dia 28 de dezembro. Durante a sua formação inicial, este foi submetido a dois dias de temperatura

baixa (10 °C). As espigas de milho plantadas no dia 20 de dezembro já tinham passado pela fase crítica da formação dos óvulos. O híbrido plantado em 24 de dezembro enfrentou temperatura baixa apenas no início. Entretanto, o híbrido plantado no dia 28 de dezembro passou por temperaturas baixas na fase crítica da formação dos óvulos, prejudicando bastante a formação dos grãos.

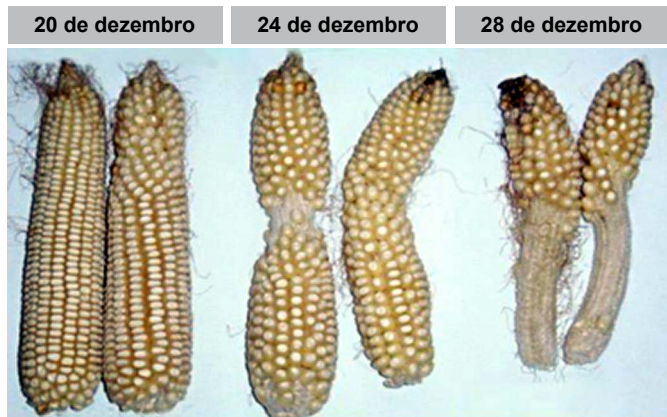


Figura 4: Choque de frio em três diferentes datas de plantio.

Uma resposta fisiológica que produz espigas muito pequenas, chamadas de “Latinhas de Cerveja”, pode ocorrer pela combinação de fatores de estresse ambiental, possivelmente por frio ou seca durante os estádios críticos da formulação de óvulos e genética (figura 5).



Figura 5: Espigas muito curtas - chamadas de “Latinhas de Cerveja”.



Figura 6: Espiga presa pela aplicação de adjuvantes no estágio V14.

É possível verificar na figura 6 os sintomas de espiga presa sendo associados com aplicação de fungicidas ou inseticidas, e alguns adjuvantes nas fases precedentes à polinização. Espigas presas são diferentes de “Silkballing” (figuras 7 e 8), evento que ocorre quando o estigma perde a orientação durante o processo de polinização e inicia um crescimento desorientado na palha. Não existe uma certeza a respeito das causas do “Silkballing”, porém sabe-se que este pode ocorrer devido à combinação de alguns fatores como estresse por frio ou seca durante o crescimento da planta e, certamente, por fatores genéticos. A chave para distinguir entre espigas “Latinhas de Cerveja”

e “Silkballing” é se os estigmas estiverem presentes na palha. O estresse ambiental que produz “Silkballing” também pode produzir espigas longas com grãos apenas na sua base, e apresentar uma massa de estigmas não polinizados na palha, que ficam por bastante tempo dentro dela, até serem degradados.



Figuras 7 e 8: “Silkballing” (topo), resultando em espigas apenas com grãos na base.

## ESTRESSE AMBIENTAL DURANTE A POLINIZAÇÃO

Sucesso na fertilização dos óvulos requer que pólenes viáveis encontrem o estigma receptivo. Insetos-praga tais como o adulto de algumas vaquinhas, podem comer a ponta dos estigmas, resultando em uma polinização pobre, com poucos grãos.

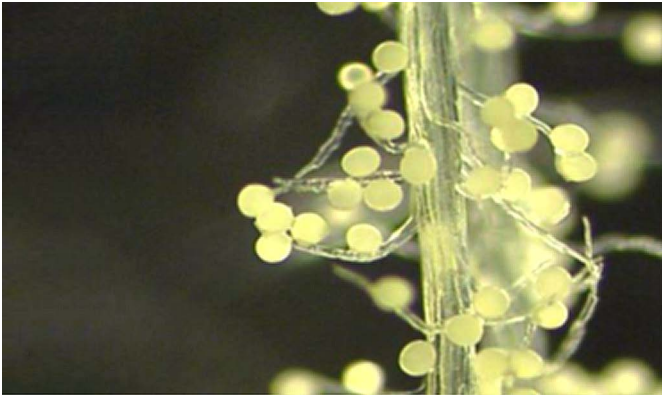
Existem duas partes básicas do processo de polinização: a primeira é que o pólen viável deve encontrar estigmas receptivos; e a segunda é que os estigmas devem suportar a formação dos tubos de pólen para permitir que o gameta masculino encontre o gameta feminino dentro do óvulo. Nesse processo uma grande porção de pólenes maduros é liberada pelas anteras no meio da manhã, dependendo das condições ambientais.

Um mínimo de 100 grãos de pólen por centímetro quadrado por dia é necessário para o sucesso da polinização de um campo de milho. O pólen pode perder a viabilidade em poucos minutos se a temperatura estiver em aproximadamente 40 °C, e se o déficit de água estiver presente. Grãos de pólen contêm algo em torno de 80% de água nas primeiras liberações, sendo que estes morrem quando o volume de água cai para algo em torno de 40%.

Muitos milhos podem polinizar sobre estas condições. Se a umidade do solo estiver adequada e a planta de milho transpirar água rapidamente, o suficiente para suprir a necessidade de água do pólen, este se mantém viável o suficiente para liberar e completar o processo de fertilização. Entretanto, se o suprimento de água é inadequado, o pólen irá morrer prematuramente e não completará o processo de fertilização.

A segunda parte no processo de fertilização do óvulo é a formação do tubo polínico e deposição do gameta masculino dentro do óvulo. Este processo baseia-se fortemente na porção feminina da planta porque o estigma supre todos os nutrientes necessários e água

para o crescimento do tubo polínico. Na **figura 9** observa-se grãos de pólen viáveis que aderem no estigma trichomes – não diretamente no estigma – para começar o processo de fertilização.



**Figura 9:** Pólen aderido nos estigmas trichomes. Fonte: University of Connecticut.

Dependendo da quantidade de água disponível e das condições ambientais, pode levar poucas horas ou até mesmo um dia para que os tubos de pólen cresçam em direção aos óvulos.

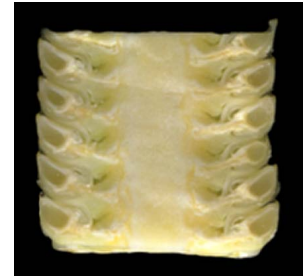
Quando a planta de milho está sobre estresse de seca, o crescimento do tubo de pólen é lento e o potencial de sucesso de fertilização é diminuído. Estresse ambiental durante a polinização pode ter efeito substancial na produtividade. Para um híbrido específico, 85% da produtividade está correlacionada com o número de grãos produzido por hectare. O restante dos 15% é o peso de grãos. Na **figura 10** pode-se ver o resultado de um experimento onde as espigas de milho foram submetidas ao pólen isoladamente por 11 dias. Os resultados foram comparados com uma espiga que foi exposta ao pólen nos 11 dias do ensaio.

Para um bom diagnóstico do problema, plantas de milho que estão se desenvolvendo sob estresse durante a polinização produzem espigas com partes estéreis (veja na **figura 12**). Porções das espigas são estéreis porque os óvulos maduros não foram propriamente fertilizados. Estes óvulos não fertilizados começam a se desintegrar e desaparecer antes que a espiga esteja fisiologicamente pronta.

## ESTRESSE AMBIENTAL DURANTE A FASE DE ENCHIMENTO DE GRÃOS

Uma boa fertilização de grãos ocorre através de duas fases, e leva aproximadamente 8 semanas entre a polinização e a maturação fenológica. Em média, 3 semanas após a fase da polinização, os embriões celulares estão rapidamente se diferenciando e se dividindo para produzirem os tecidos necessários para a planta embrionária contendo os grãos. O restante das semanas de enchimento de grãos

é dedicado primariamente para o amido e deposição de tecido de armazenamento para suportar um novo crescimento da planta quando esta geração de semente é plantada. Todos os grãos fixados no sabugo (**figura 11**), competem por comida e água disponíveis. Apenas aqueles que recebem ampla umidade e nutrientes sobrevivem. Tipicamente, os grãos perto da base da espiga se desenvolvem um pouco antes e aproveitam melhor as fontes de nutrientes do que os grãos localizados no topo.



**Figura 11:** Grãos fixados no sabugo.

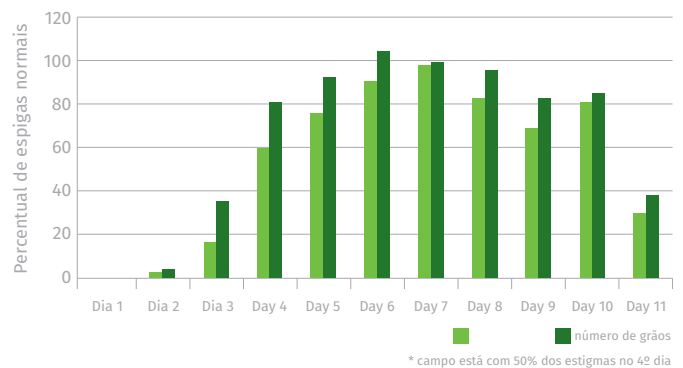
**Figura 10, Gráficos 1 e 2:** Relação entre quantidade de grãos e produtividade de milho.



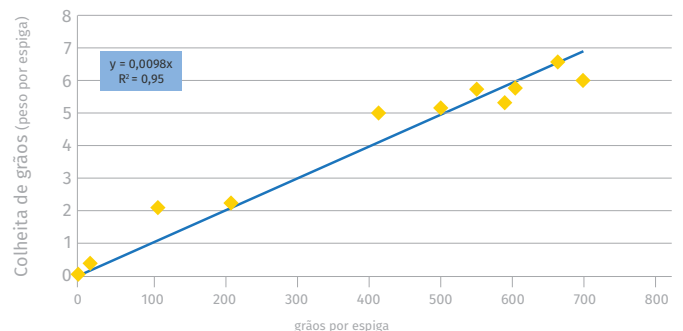
Espiga normal*	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11
----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------

\* Estigmas expostos ao pólen diariamente.

**Gráfico 1** Peso e número de grãos da espiga exposta ao pólen por dia.



**Gráfico 2** Produtividade por espiga devido ao número de grãos.



Quando o estresse está presente, a espiga abortará os grãos do topo em favor dos grãos da base. Dependendo da severidade do estresse, os grãos do topo irão continuar morrendo até o ponto que a planta de milho tenha a habilidade para suprir adequadamente a água e os nutrientes para suportar o crescimento dos grãos remanescentes. A formação de grãos ou a falta deles é um indicador do tempo que ocorreu o estresse, ou seja, se isso ocorreu antes, durante a polinização ou durante a fase de enchimento de grãos. Se uma porção do sabugo estiver estéril, sem evidência de formação de grãos viáveis, indica que o estresse ocorreu antes da polinização. Se uma porção do sabugo mostrar muitos pequenos grãos, ou grãos mortos, o estresse ocorreu durante o processo de enchimento de grãos. E se os grãos do topo não abortarem, mas os pesos deles estiverem menores, o estresse ocorreu durante a fase final de enchimento de grãos.



**Figuras 12 e 13:** Estresse durante a fase de enchimento de grãos, resultando na morte dos grãos no topo da espiga ou até mesmo morte aleatória dos grãos.

## CONCLUSÃO

O tamanho, a localização, e a quantidade de grãos de milho servem para indicar quando a espiga foi submetida a estresse ambiental, bem como a severidade desse estresse. O conhecimento da fase de desenvolvimento da espiga ajuda o produtor a identificar o motivo pelo qual esse problema ocorreu. Esse é o primeiro passo para que ele possa fazer o planejamento da safra seguinte, e tentar minimizar o estresse através da adoção de corretas práticas agronômicas.

## Referências Bibliográficas

Abendroth, L., R.W. Elmore, M.J. Boyer, and S.K. Marlay. 2011. Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State Univ. Extension.

Rice, M.E. 2015. Corn rootworm silk feeding. Crop Focus. DuPont Pioneer, Johnston, IA. <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/crop-management/corn-insect-disease/corn-rootworm-silk-feeding/>

Strachan, S. D. 2016. Relating silk emergence at pollination to kernel set at harvest. Crop Insights Vol. 26, No. 9. DuPont Pioneer, Johnston, IA.

As solicitações de recebimento do Comunicado Técnico deverão ser feitas através do email [pioneer.sementes@pioneer.com](mailto:pioneer.sementes@pioneer.com)

## COMUNICADO TÉCNICO

Nov/2016

**Edição:** Fabrício Passini  
**Coordenação:** Joseane Becker e Daniela Didoné  
**Editoração e arte:** Eliana Borchardt

As marcas com ®, ™ ou SM são marcas e marcas de serviço da DuPont, Pioneer ou de seus respectivos titulares. © 2016 PHII



Não é de responsabilidade do autor nenhum dano, direto ou indireto, relacionado ou proveniente de qualquer ação tomada como resultado de qualquer informação ou conselho contido neste material.

Todas as consequências advindas de qualquer ação tomada com base nesse material são, única e exclusivamente, de responsabilidade do leitor.

ESTAR **PRÓXIMO**   
SIGNIFICA OFERECER  
**SUORTE TÉCNICO**  
NA HORA QUE VOCÊ PRECISA



Além de oferecer produtos com uma genética superior, a DuPont Pioneer possui o melhor serviço de assistência técnica do Brasil. Ao escolher pelos híbridos de milho marca Pioneer®, você estará optando por um pacote de benefícios que inclui alto potencial produtivo, sementes dentro dos mais rígidos padrões de qualidade, a segurança e comodidade do serviço de Tratamento de Sementes Industrial, além de um atendimento exclusivo e personalizado, com uma equipe de representantes altamente qualificada e pronta para lhe atender no campo.

**DuPont Pioneer**  
há mais de 40 anos ao seu lado.  
[www.pioneersementes.com.br](http://www.pioneersementes.com.br)

As marcas com ®, ™ ou SM são marcas e marcas de serviço da DuPont, Pioneer ou de seus respectivos titulares. © 2016 PH-III