

*Estádios*

# Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade

Antonio Luiz Fancelli \*



RODRIGO ALMEIDA

*Plantio de milho com épocas de semeadura e cultivares de ciclos diferentes para aumentar eficiência de aplicação de insumos e tratos culturais*

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até aqueles cujos ciclos vitais podem alcançar 300 dias. Contudo, em território nacional, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 160 dias, em função da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio – período compreendido entre a semeadura e o ponto de maturidade fisiológica). Apesar do conhecimento acumulado e das informações disponíveis sobre crescimento e desenvolvimento da espécie *Zea mays* L. (milho), produtores e técnicos ainda têm insistido em utilizar recomendações de manejo baseadas em simples escala de tempo, representada pelo número de dias transcorridos após a semeadura, emergência, florescimento ou outros eventos relacionados à cultura. Tal procedimento, com certeza, tem contribuído para a redução da eficiência no uso de insumos e defensivos, bem como tem ocasionado equívocos na preservação de etapas importantes de definição de produção e do rendimento, por parte da planta.

Nesse contexto, objetivando o desenvolvimento de uma agricultura mais tecnificada e científica, torna-se imprescindível o emprego de conhecimentos alusivos à fenologia – estudo dos eventos periódicos da vida da planta, quanto a sua duração e sincronismo, em função da reação às condições de ambiente, de forma a permitir o estabelecimento de correlações entre os eventos fisiológicos da vida vegetal e as evidências morfológicas apresentadas pela planta no momento da avaliação. Assim, o uso de uma escala baseada nas mudanças morfológicas da planta e nos eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida do milho oferece maior segurança e precisão nas ações de manejo (e também de pesquisa).

Portanto, para maior facilidade de manejo e estudo – bem como objetivando

o estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos, resultando no desenvolvimento da planta –, o ciclo da cultura do milho foi dividido em 11 estádios distintos de desenvolvimento, de acordo com a escala proposta por Fancelli (1986) (Figura 1). Na escala mencionada, os estádios de crescimento e desenvolvimento anteriores ao aparecimento dos pendões são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Para esta avaliação, a folha de milho pode ser considerada desdobrada ou aberta, quando for plenamente visível o elo de união bainha-limbo (“colar”). Todavia, não deverá ser computada na contagem a folha seminal, a qual se distingue das folhas verdadeiras do milho por apresentar extremidade arredondada. Para os estádios posteriores ao florescimento, a identificação deverá ser efetuada com base na presença de estruturas reprodutivas e no desenvolvimento e consistência dos grãos (Kiniry & Bonhomme, 1991). Para esta avaliação, o exame dos grãos deverá ser efetuado na porção mediana da espiga. A descrição dos estádios fenológicos (Figura 1), eventuais recomendações para manejo, bem como aspectos fisiológicos importantes da cultura são apresentados a seguir.

### **ESTÁDIO VO OU O (GERMINAÇÃO/EMERGÊNCIA)**

A ocorrência de temperatura e umidade favoráveis propiciam o desencadeamento do processo germinativo, redundando na emissão das estruturas embriônicas contidas na semente, dando início ao crescimento da planta jovem. A radícula – primeira estrutura a salientar-se nesta etapa – é representada pela raiz primária, que se alonga rapidamente, seguida das duas raízes seminais nodais, emitidas a partir do nó cotiledonar. Convém salientar que as raízes seminais apresentam duração

efêmera (apenas de 8 a 12 dias), intensa pilosidade e baixa taxa de ramificação, pois sua função está relacionada à absorção de água e oxigênio, objetivando a ativação enzimática e a digestão das substâncias de reservas contidas na semente. As raízes verdadeiras do milho, conhecidas como raízes adventícias, aparecerão entre 7 e 15 dias após o início da germinação, provenientes das gemas presentes na base dos nós subterrâneos.

No milho, a germinação ocorre em duas semanas quando as sementes forem submetidas a 10,5°C de temperatura; em quatro dias, a 15,5°C; e em três dias, a 18°C. Não se constata a presença no cereal de nenhum fator inibitório do processo, visto que, em condições ótimas de umidade, as sementes podem germinar imediatamente após a maturidade, mesmo ainda presas à espiga. A germinação lenta predispõe a semente e a plântula à menor resistência a condições ambientais adversas, bem como ao ataque de patógenos, principalmente relacionados aos fungos dos gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* e *Macrophomina*.

O processo de germinação das sementes é desencadeado pela embebição (reidratação) e absorção de oxigênio, devido a diferenças de potencial osmótico entre a semente e o ambiente. O teor de água necessário para elevar o potencial de água interno da semente à 1,0 MPa (um megapascal), que corresponde a, aproximadamente, 30% a 40% de sua massa, é suficiente para disparar o mecanismo de germinação. Em condições favoráveis, a emergência das plântulas de milho ocorrerá entre seis e dez dias após a semeadura. Uma semana após a emergência, aproximadamente, a plântula apresenta-se com uma a duas folhas totalmente expandidas, encontrando-se a partir desta fase apta a iniciar o processo fotossintético. Nessa etapa, é bastante saliente um grupo de raízes alongadas presas ao primeiro nó do caulículo, ainda não portadoras de ramificações.

### ESTÁDIO V4 OU 1 (PLANTA COM QUATRO FOLHAS TOTALMENTE DESDOBRADAS)

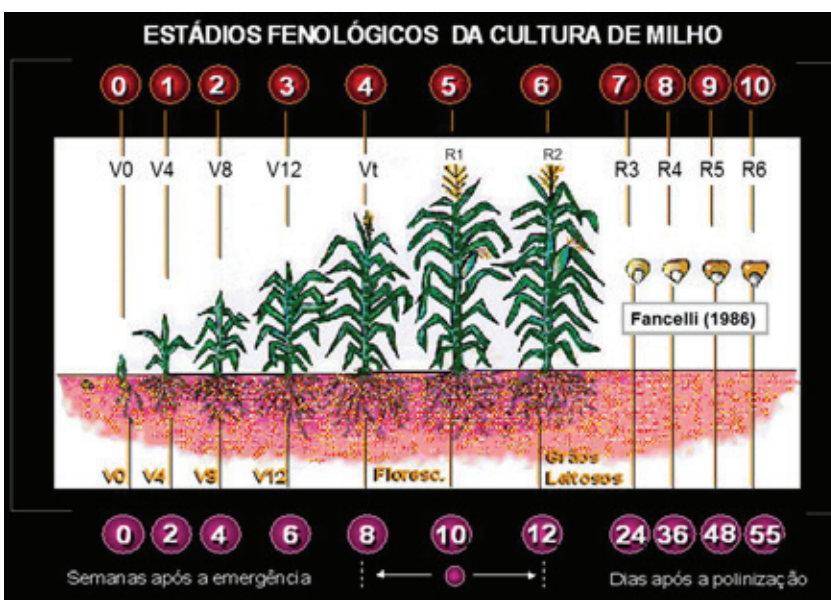
O estágio V4 coincide, normalmente, com 12 a 20 dias após a emergência da planta, ocorrendo neste período a preparação para o início da diferenciação do meristema apical, cujas estruturas ainda se encontram localizadas abaixo da superfície do solo. O sistema radicular, em desenvolvimento, já evidencia considerável taxa de ramificações diferenciadas, sugerindo que em períodos posteriores a este estágio operações inadequadas de cultivo e muito próximas às plantas poderão afetar a integridade e distribuição de raízes.

Até a emissão plena da quarta folha (V4), os efeitos de baixa temperatura, causados por geadas ou mesmo a ocorrência de granizo, resultam em pequena redução na produção, em virtude de não ocasionarem prejuízos aos tecidos meristemáticos, bem como aos demais órgãos diferenciados que, nesta fase, encontram-se protegidos abaixo da superfície do solo. No estágio V4 tem início o processo de diferenciação floral, que origina os primórdios da panícula e da espiga, bem como dá início à definição do potencial produtivo da espécie.

### ESTÁDIO V8 OU 2 (PLANTA APRESENTANDO QUATRO FOLHAS)

Esse estágio coincide, normalmente, com o período compreendido entre 30 e 35 dias da emergência, sendo caracterizado pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina e pelo início da confirmação do número de fileiras da espiga, além da presença de oito folhas desdobradas – indicativas do estágio. Para o milho, o colmo atua não somente como suporte de folhas e inflorescências, mas como, principalmente, uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis (excedentes de fotoassimilados), que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos.

FIGURA 1 | CICLO DE CULTURA DO MILHO: ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE DESENVOLVIMENTO



Fonte: Fancelli, 1986; adaptado de Nel & Smit, 1978 e Hanaway, 1982

Estresse hídrico nesta etapa pode afetar o comprimento dos internódios, pela inibição da elongação das células em desenvolvimento, concorrendo, desta forma, para a diminuição da capacidade de armazenagem de fotossintetizados no colmo e para a redução da altura da planta. Evidências experimentais demonstram que a destruição total das folhas expostas nesta etapa, mediante a ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas desfolhadoras e doenças, além de outros agentes, acarretarão quedas na produção da ordem de 10% a 25%.

### ESTÁDIO V12 OU 3 (PLANTAS COM 12 FOLHAS)

O estágio V12 relaciona-se, frequentemente, à sexta e à sétima semana após a emergência, sendo caracterizado pela presença de 85% a 90% da área foliar definida (IAF crítico). Ainda neste período, além da elevada taxa de crescimento do colmo, pendão e espiga superior, pode ocorrer também a perda de três a quatro folhas mais velhas, bem como o início do aparecimento das

raízes adventícias aéreas (“esporões”), a partir dos nós imediatamente acima da superfície do solo. Neste estágio, a distribuição das chuvas, a disponibilidade de nutrientes, bem como a duração do intervalo compreendido entre o estágio V12 e R1 (florescimento), constituem-se nos fatores decisivos na confirmação da produção e rendimento da cultura, principalmente quanto ao tamanho e número de espigas.

Sete a oito semanas após a emergência, normalmente, o pendão atinge o seu desenvolvimento máximo, ao mesmo tempo em que se inicia o crescimento dos estilos-estigma, comumente conhecidos como “cabelos” do milho, que mais tarde viabilizarão a fecundação dos óvulos pelos grãos de pólen. Como o número potencial de grãos (fileiras de grãos e grãos por fileiras) é confirmado neste período (estádio 3 a 5), a ocorrência de deficiências nutricionais, baixa disponibilidade hídrica, anormalidades climáticas (por exemplo, granizo) ou incidência de pragas e doenças podem comprometer significativamente a produção.



*Conhecer fatos periódicos da cultura permite estabelecer correlações entre os eventos fisiológicos e evidências morfológicas das plantas*

#### **ESTÁDIO VT OU 4 (APARECIMENTO DO PENDÃO)**

Esta etapa de desenvolvimento da planta, normalmente, coincide com a 8ª à 9ª semana após a emergência, e se caracteriza pelo aparecimento parcial do pendão, ou “flecha”, e pelo crescimento acentuado dos estilos-estigma. Resultados experimentais demonstram que a produção de grãos pode ser drasticamente afetada neste período em função da taxa de desfolha a que a planta for submetida. Assim, a perda de cinco a seis folhas superiores de plantas, próxima ao florescimento (antes ou após), resulta na queda acentuada de rendimento da cultura, principalmente pela redução do número, tamanho e peso (densidade) total de grãos (Fancelli, 1988).

#### **ESTÁDIO R1 OU 5 (FLORESCIMENTO E POLINIZAÇÃO)**

Durante o período entre a 9ª e a 10ª semana, aproximadamente, após a emergência das plantas, inicia-se o florescimento,

cessando as elongações do colmo e internódios. Neste estágio, as espigas expõem seus estilos-estigma, que continuam a crescer até que os mesmos sejam polinizados, dando sequência ao processo de fecundação do óvulo. Os “cabelos” do milho são receptivos aos grãos de pólen, de um a dois dias após sua emissão, podendo permanecer assim por até 14 dias, desde que mantidas as condições favoráveis a sua viabilidade (temperatura entre 16 e 35°C, aliada a umidade relativa do ar superior a 65%). Devido à importância do estilo-estigma para a concretização da produção, recomenda-se, neste estágio, constante vigilância, evitando-se a sua destruição, principalmente pela ocorrência de pragas (lagarta da espiga e outros insetos).

A deiscência e a dispersão dos grãos de pólen usualmente ocorrem entre dois e três dias antes da emissão dos estilos-estigma, caracterizando a natureza protândrica da quase totalidade dos genótipos de milho disponíveis no

mercado nacional, a qual assegura o mecanismo de polinização cruzada. Tal período de dispersão pode se estender até o 10º dia, embora períodos mais curtos (de cinco a sete dias) sejam mais comumente constatados. A polinização do milho é predominantemente realizada pelo vento (anemófila), de forma a vencer distâncias aproximadas de até 500 m, assegurando a concretização da fecundação cruzada.

#### **ESTÁDIO R2 OU 6 (GRÃOS LEITOSOS)**

O estágio R2, normalmente, ocorre entre 12 e 18 dias após a fecundação, sendo caracterizado pelo acúmulo de açúcares solúveis no endosperma dos grãos, contribuindo, assim, para o incremento de sua massa (densidade). Tal aumento ocorre devido à translocação dos sintetizados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação, cuja eficiência, além de ser importante para a produção, é extremamente dependente

da disponibilidade de água. Observações experimentais demonstram que de 60% a 65% dos carboidratos transportados para o grão de milho são oriundos das folhas localizadas na porção superior da planta, ao passo que aproximadamente de 25% a 30% representam a contribuição das folhas situadas em seu terço médio, sendo o restante proveniente de suas folhas mais inferiores.

A ocorrência de períodos nublados e de deficiência hídrica, o excesso de população de plantas ou a redução da área foliar por pragas e doenças, ou, ainda, o desequilíbrio entre nitrogênio (N) e potássio (K) poderão acarretar, neste período, a redução da taxa fotossintética da planta. Assim, os fatores mencionados,

aliados ao aumento do nível de estresse da planta, resultarão na redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, favorecendo a incidência de doenças de colmo e de espigas (Fancelli, 1988). A integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de fotoassimilados, por parte do colmo, é de suma importância para o período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de “fonte”, promovendo a remobilização de carboidratos de reserva.

Na literatura, é amplamente mencionada a contribuição percentual das reservas do colmo no enchimento de grãos, que pode variar de 12% a 17%. Contudo, o acúmulo de excedentes de fotoassimilados

no colmo, objetivando o atendimento de situações emergenciais, somente poderá ocorrer na etapa compreendida entre a 6ª e a 10ª folha do milho (Fancelli, 2013). Para lavouras destinadas à produção de sementes, o estágio R2 assume particular importância, pois tem início, nesta etapa, o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo, da radícula e das folhas rudimentares.

### **ESTÁDIO R3 OU 7 (GRÃOS PASTOSOS)**

Neste estágio, entre 20 e 32 dias após a emissão dos estilos-estigma, as sementes continuam se desenvolvendo rapidamente, embora suas estruturas embrionárias já se encontrem totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando esta feita um período exclusivamente destinado ao ganho de peso, por parte do grão. A ocorrência, neste período, de adversidades climáticas, principalmente estresse hídrico, acarretará maior porcentagem de grãos leves e pequenos, comprometendo a produtividade.

### **ESTÁDIO R4 OU 8 (GRÃOS FARINÁCEOS E INÍCIO DA FORMAÇÃO DE “DENTES”)**

Este estágio coincide, normalmente, com o período compreendido entre o 32º e 40º dia, após o princípio da polinização, sendo caracterizado pelo aparecimento da concavidade na parte superior do grão, comumente designada de “dente” (válido para genótipos dentados). Nesta etapa, os grãos se encontram em fase de transição do estado pastoso para o farináceo, tornando-se cada vez mais endurecidos. No interior das sementes, o embrião e o endosperma continuam em pleno desenvolvimento, acompanhados da completa diferenciação da radícula e das folhas primárias.

*Ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, em função da máxima produção concentrada neste estágio*

RODRIGO ALMEIDA



## ESTÁDIO R5 OU 9 (GRÃOS “FARINÁCEOS DUROS”)


Neste estágio, entre 45 e 55 dias após a emissão dos estilos-estigma, constata-se acelerada perda de água em toda a planta. Poucas modificações caracterizam esta etapa, pois, além da acentuada queda na taxa de acumulação de substâncias orgânicas e minerais no grão, evidencia-se a maturação morfológica das sementes, cujas estruturas se encontram plenamente formadas e diferenciadas, porém, ainda não aptas a desempenhar suas funções específicas.



RODRIGO ALMEIDA

## ESTÁDIO R6 OU 10 (MATURIDADE FISIOLÓGICA OU GRÃOS FISIOLÓGICAMENTE MADUROS)

Na última etapa de desenvolvimento, entre 50 e 65 dias após o início da polinização, evidencia-se a paralisação total de acúmulo de matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais, gradativamente, começam a perder sua coloração verde característica (degradação da clorofila). Este estágio, comumente designado por ponto de maturidade fisiológica, é caracterizado pela manifestação do máximo peso da matéria seca dos grãos e máximo vigor das sementes, sendo facilmente reconhecido pela presença da “camada negra” ou “ponto preto” formado no local de inserção do grão com o sabugo. A partir deste momento, rompe-se o elo de ligação entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente, necessitando, para tanto, de energia prontamente disponível resultante da queima gradativa de suas reservas (endosperma), através da respiração.

Conclui-se, portanto, que o ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, em função da máxima produção (máxima massa de matéria seca) concentrada neste estágio. No entanto, tal procedimento dificilmente poderá ser implementado, em virtude do elevado teor de água presente no grão (de 30% a 38%), por ocasião de sua maturidade fisiológica. Todavia, este momento pode ser utilizado pelas empresas de sementes, objetivando a garantia da qualidade, desde que a colheita seja realizada por máquinas especiais (espigadoras). Para a produção de grãos, a operação mecanizada deverá ser realizada, sem maiores problemas, quando os grãos apresentarem umidade entre 25% e 18%, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser conduzido ao armazenamento. 

\* **Antonio Luiz Fancelli** é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ ([fancelli@usp.br](mailto:fancelli@usp.br)).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANCELLI, A. L. *Plantas Alimentícias: guia para aula, estudo e discussão*. Piracicaba: USP/ESALQ, 1986. 131 p.
- FANCELLI, A. L. *Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (Zea mays L.)*. Piracicaba: USP/ESALQ, 1988. 172 p. (Tese de Doutorado).
- FANCELLI, A. L. *Milho: Estratégias de manejo*. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013. 180 p.
- KINIRY, J. R.; BONHOMME, R. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (Ed.). *Predicting crop phenology*. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 115-131.