

## MODELOS FITOTÉCNICOS EXTRAPOLÁVEIS REFERENTES A CULTURA DE MILHO

Durval Dourado Neto<sup>1,7</sup>, Osny Oliveira Santos Bacchi<sup>2</sup>, Paulo Augusto Manfron<sup>3</sup>, Antônio Roberto Pereira<sup>4,7</sup>, Luis Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior<sup>5</sup>, Sandro Luis Petter Medeiros<sup>6</sup>

### Introdução

A proposição dos modelos fitotécnicos são justificáveis por se tratarem de uma importante ferramenta no planejamento de um sistema agrícola. Tais definições racionalizam a produção permitindo maior aproveitamento dos recursos naturais, favorecendo assim o planejamento de atividades ao nível de propriedade, e no zoneamento agrícola ao nível de região (Fancelli & Dourado-Neto, 1999a). Os modelos podem auxiliar na interpretação de dados experimentais, sendo assim mais uma ferramenta para o desenvolvimento de novas técnicas de pesquisa no intuito de melhor nortear as ações de manejo do ambiente agrícola (Wit, 1982).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um modelo fitotécnico extrapolável referente à cultura de milho, utilizando diferentes híbridos, para estimar o acúmulo de massa seca e rendimento de grãos.

### Material e métodos

Para determinar a variação temporal da massa seca durante o ciclo da cultura e estimar o rendimento de grãos foram realizados dois experimentos inteiramente casualizados, com três repetições cada, na área experimental da ESALQ, USP, em Piracicaba, SP (22°42' S, 47°38' W e 546 m de altitude).

No experimento (I) para a calibração do método, semeou-se três híbridos (F-5013, BR-206 e P-4071) em 18/10/1996, sendo a colheita realizada em 01/03/1997. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada repetição foi constituída com 3,2m de largura (4 linhas com espaçamento de 0,8m) com 30m de comprimento. Cada híbrido foi contemplado com 96 m<sup>2</sup>/repetição (288 m<sup>2</sup>.híbrido<sup>-1</sup>), em populações de 58000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

No experimento (II) com o objetivo de estimar a variação da massa seca da parte aérea de plantas e o rendimento de grãos da cultura de milho, semeou-se três híbridos (C-901, C-333-B e C-806) em 20/10/1997, sendo a colheita em 11/03/1998. Cada parcela constava de 3,6 m de largura (4 linhas com espaçamento de 0,9m) com 30 m de comprimento. Cada híbrido ocupava 108m<sup>2</sup>/repetição (324 m<sup>2</sup>/híbrido), em populações de 60.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, 50.000 plantas.ha<sup>-1</sup> e 50.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os modelos (tipo I e II) utilizados para a estimativa da massa seca da cultura de milho são os seguintes:

$$Vr_i = \cos^{(pDr_i+q)} \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_i) \right\} \quad (1)$$

$$Ur_i = \cos^a \left\{ \frac{\pi}{2} \left( 1 - \left[ \frac{Dr_i}{Dr_m} \right]^b \right) \right\} \quad (2)$$

em que Vr se refere ao valor relativo de massa seca de colmo, espiga e parte aérea (modelo proposto); Ur ao valor relativo de massa seca de folha e pendão (modelo proposto); a, b, p, q e Dr<sub>m</sub> aos parâmetros empíricos determinados através de análise de regressão não linear.

Para estimativa do rendimento tem-se o seguinte modelo fitotécnico:

$$R = P.Pr.Fe.Gf \cdot \frac{Mg}{1000} \quad (3)$$

em que R se refere ao rendimento de grãos (kg/ha), P à população de plantas (plantas/ha), Pr à prolificidade média (espigas/planta), Fe ao número médio de fileiras por espiga (fileiras/espiga), Gf ao número médio de grãos por fileira (grãos/fileira) e Mg à massa média do grão (g/grão).

A dedução dos modelos (tipos I e II) referentes à variação da massa seca relativa e do índice relativo de área foliar, em função do desenvolvimento relativo da cultura de milho, expressam matematicamente o conhecimento do fenômeno para fins de previsão com erro de estimativa associado. Os valores relativos foram concebidos no intuito de tornar possível a extrapolação dos resultados obtidos no experimento descrito no presente trabalho. Em função do prévio conhecimento do fenômeno a ser modelado para estimativa do desenvolvimento relativo através de valores relativos da massa seca de colmo, espiga e parte aérea, concebeu-se o seguinte modelo (tipo I) básico:

$$Vr_i = \cos \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_i) \right\} \quad (4)$$

em que Dr<sub>i</sub> se refere ao desenvolvimento relativo da cultura e Vr<sub>i</sub> ao valor relativo da massa seca do colmo, espiga e parte aérea no i-ésimo dia após a emergência.

Os valores extremos previamente conhecidos podem ser facilmente verificados, ou seja, (i) quando o desenvolvimento relativo é nulo (Dr<sub>i</sub> = 0), na emergência (estádio fenológico 0), o valor relativo da massa seca do colmo, da espiga e da parte aérea é considerada desprezível (Vr<sub>i</sub> = 0); (ii) quando o desenvolvimento relativo é máximo (Dr<sub>i</sub> = 1), no ponto de maturidade

<sup>1</sup> Dr. Prof. Associado. Departamento de Produção de Vegetal. ESALQ-USP. Piracicaba, SP. [dourado@esalq.usp.br](mailto:dourado@esalq.usp.br)

<sup>2</sup> Dr. Prof. Laboratório de Física do Solo. CENA-USP. Piracicaba, SP. [osny@cena.usp.br](mailto:osny@cena.usp.br)

<sup>3</sup> Dr. Prof. Titular. Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. [manfronp@ccr.ufsm.br](mailto:manfronp@ccr.ufsm.br)

<sup>4</sup> Dr. Prof. Titular. Departamento de Ciências Exatas. ESALQ-USP. Piracicaba, SP. [arpereir@esalq.usp.br](mailto:arpereir@esalq.usp.br)

<sup>5</sup> Engenheiro agrônomo. Doutorando em Irrigação e Drenagem. ESALQ-USP. Bolsista CAPES. [lgfigue@esalq.usp.br](mailto:lgfigue@esalq.usp.br)

<sup>6</sup> Dr. Prof. Adjunto. Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. [sandro@ccr.ufsm.br](mailto:sandro@ccr.ufsm.br)

<sup>7</sup> Bolsista CNPq.

fisiológica (estádio fenológico 10), o valor relativo da massa seca do colmo, da espiga e da parte aérea é considerada máxima ( $Vr_i = 1$ ).

Sendo assim, foram inseridos os fatores empíricos de forma (p e q) da curva referente à variação da massa seca relativa e do índice relativo de área foliar em função do desenvolvimento relativo da cultura de milho, obtendo-se assim o modelo definitivo:

$$Vr_i = \cos^{(qDr_i+p)} \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - Dr_i) \right\} \quad (5)$$

em que p e q se referem parâmetros empíricos adimensionais determinados através de análise de regressão não linear minimizando a soma dos quadrados dos desvios.

O modelo (tipo I) ainda contempla as seguintes hipóteses básicas: (i) a massa seca relativa, em função do desenvolvimento relativo da cultura, é uma função estritamente crescente, (ii) a taxa de acúmulo é nula na emergência (estádio 0) e no ponto de maturidade fisiológica (estádio 10), e (iii) a máxima taxa de acúmulo ocorre durante o ciclo da cultura entre a emergência e o ponto de maturidade fisiológica (função sigmoidal).

Para estimativa do desenvolvimento relativo através de valores relativos da massa seca de folha e pendão utilizou-se de procedimento análogo ao anterior e obteve-se o modelo (tipo II) básico:

$$Ur_i = \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left( 1 - \frac{Dr_i}{Dr_m} \right) \right\} \quad (6)$$

em que  $Ur_i$  se refere ao valor relativo da massa seca da folha e do pendão no i-ésimo dia após a emergência.

Os valores extremos previamente conhecidos podem ser facilmente verificados, ou seja, (i) quando o desenvolvimento relativo é nulo ( $Dr_i = 0$ ), na emergência (estádio fenológico 0), o valor relativo da massa seca da folha e do pendão também é considerada desprezível ( $Ur_i = 0$ ); (ii) numa determinada fase do ciclo, o desenvolvimento relativo ( $Dr_i = Dr_m$ ) é correspondente ao máximo valor relativo da massa seca da folha e do pendão ( $Ur_i = 1$ ); e (iii) quando o desenvolvimento relativo é máximo ( $Dr_i = 1$ ), no ponto de maturidade fisiológica (estádio fenológico 10), o valor relativo da massa seca da folha e do pendão decaem ( $0 < Ur_i < 1$ ).

Sendo assim, foram inseridos os fatores empíricos de forma ( $Dr_m$ , a e b) da curva referente à variação da massa seca relativa da folha e do pendão e do índice relativo de área foliar em função do desenvolvimento relativo da cultura de milho, obtendo-se assim o modelo definitivo:

$$Ur_i = \cos^a \left\{ \frac{\pi}{2} \left( 1 - \left[ \frac{Dr_i}{Dr_m} \right]^b \right) \right\} \quad (7)$$

em que  $Dr_m$ , a e b se referem parâmetros empíricos adimensionais determinados através de análise de regressão não linear minimizando a soma dos quadrados dos desvios.

O modelo (tipo II) contempla as seguintes hipóteses básicas: (i) a massa seca relativa (e o índice relativo de área foliar), em função do desenvolvimento relativo da cultura, é uma função

estritamente crescente até o desenvolvimento relativo  $Dr_m$ , (valor relativo máximo referente à massa seca), com posterior decréscimo até o ponto de maturidade fisiológica, (ii) a taxa de acúmulo é nula na emergência (estádio 0) e no desenvolvimento relativo  $Dr_m$ , (iii) a taxa de acúmulo é negativa no ponto de maturidade fisiológica (estádio 10), e (iv) a máxima taxa de acúmulo ocorre durante o ciclo da cultura entre a emergência e o desenvolvimento relativo  $Dr_m$  (função sigmoidal).

## Resultados e discussão

Os híbridos comerciais foram selecionados por apresentarem boas faixas de variações de soma calórica referente ao florescimento. Cabe salientar ainda que a pesquisa tem como função básica de definir a ordem de grandeza dos valores de interesse, os quais devem ser ajustados para cada caso específico. A época de semeadura e a escolha do híbrido foi baseada na soma calórica, por ser um elemento de fácil mensuração, mesmo sabendo-se de suas limitações. Sendo assim, o procedimento (metodologia) é válido.

Em agricultura de sequeiro, a definição da população e distribuição de plantas, época de semeadura e híbrido depende basicamente do nível de estresse hídrico (deficiência hídrica, principalmente) na época do florescimento (cerca de 10 a 15 dias antes e depois do estágio 5).

Em agricultura irrigada, a definição de população e distribuição (espaçamento entre fileiras de plantas) de plantas é dependente da arquitetura de planta e da fertilidade do solo, principalmente. O híbrido que melhor se adapta às condições climáticas locais (leva-se em consideração a série histórica de temperatura, e as temperaturas basais inferior e superior da cultura) será o que floresce mais próximo do número ideal de dias previamente definido.

O modelo proposto apresenta valores estimados de rendimento de grãos (R) de 11222 Kg.ha<sup>-1</sup> (C-901); 10351 Kg.ha<sup>-1</sup> (C-333-B) e 10301 Kg.ha<sup>-1</sup> (C-806), para uma produção média de 10625 Kg.ha<sup>-1</sup>; o que mostra que os valores de rendimentos estimados estão dentro do esperado (10000 à 12000 Kg.ha<sup>-1</sup>) para lavouras irrigadas e de alto nível tecnológico. Cabe salientar que os modelos utilizados neste trabalho, restringem-se à fase de elongação, o que pode ser justificado pelo fato de que a irrigação apenas repos a água no solo na camada da zona ativa das raízes. Durante o ciclo da cultura os modelos apresentaram um excelente ajuste aos dados medidos no campo.

## Conclusão

O modelo proposto pode ser utilizado para estimar com precisão o acúmulo de massa seca nos diversos órgãos e na parte aérea total da cultura de milho, bem como para prever o rendimento de grãos.

## Referências bibliográficas

- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Tecnologia da produção de milho. FEALQ/Departamento de Produção Vegetal: ESALQ/USP, 1999a.
- WIT, C.T. Simulation of living systems. In: PENNING DE VRIES, F. W.T.; VAN LAAR, H.H (ed.). Simulation of plant growth and crop production. Wageningen, Pudoc, 1982. p.3-8.