

ISSN 0104-1347

Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays*, L.) em semeadura tardia e sua relação com graus-dia e radiação solar global

Maize plant (*Zea mays*, L.) development in late sowing and its relation with degree days and radiation

Josiane Marlle Guiscem¹, Luiz Marcelo Aguiar Sans², João Nakagawa³, José Carlos Cruz², Israel Alexandre Pereira Filho² e Gustavo Pavan Mateus⁴

Resumo - Foram avaliados a relação dos graus-dia e da radiação solar global com a altura da planta e com o aparecimento e comprimento das folhas em duas cultivares de milho (*Zea mays* L.), BR 206 (ciclo normal) e XL212 (ciclo superprecoce). O experimento foi conduzido, em condições de campo, com irrigação, na área experimental da EMBRAPA – Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 3 repetições. A semeadura foi feita na primeira quinzena de fevereiro de 1994. Diariamente, foram registradas numa estação meteorológica portátil eletrônica, as temperaturas máxima e mínima do ar e a radiação solar global. As mensurações de altura da planta, da quantidade de folhas com bainha (FCB) e sem bainha (FSB) expostas e do comprimento de folhas (CFB) foram feitas sempre nas mesmas plantas. O número total de folhas foi obtido por meio da soma de FCB + FSB. Utilizou-se 8°C como temperatura base para cálculo dos graus-dia. Os resultados mostraram que os graus-dia e a radiação solar global influenciam o desenvolvimento vegetativo do milho com a mesma magnitude, portanto, a utilização da regressão múltipla considerando os dois fatores, pode expressar de forma mais adequada o desenvolvimento vegetativo, sendo a equação polinomial de quarta ordem a que melhor representa o crescimento da cultura do milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, desenvolvimento, crescimento, semeadura tardia, graus-dia, radiação solar global.

Abstract - The effects of solar radiation and growing degree days were evaluated on leaves development and height plant of two cultivars. The trials were conducted under irrigation conditions in an experimental farm of Embrapa Milho e Sorgo, in Sete Lagoas, MG State. The experimental design was randomly blocks with 3 replications. The experiment was grown on February 1994. Daily maximum and minimum air temperatures, and global radiation were registered by a electronic portable meteorology station. The plant height and number and height of leaves with (FCB) and without (FSB) sheets were measured at different time in the same plant. The total number of leaves were obtained by sum FCB+FSB. To calculate GDD was used T_b (base temperature) of 8°C. The results showed that GDD and solar radiation influenced the development with the same magnitude. The multiple regression can be used to explain the vegetative development and the polynomial of 4th order get better to represent corn growing.

Key words: *Zea mays*, development, late sowing, degree days, radiation, growing.

Introdução

Os efeitos dos fatores ambientais no crescimento, no desenvolvimento e na produção da cultura do milho tem sido quantificados em vários exper-

imentos agronômicos, cujos resultados estimulam o uso de elementos meteorológicos no planejamento e na determinação do potencial de produção da cultura nas regiões aptas para o cultivo (COELHO & DALE, 1980). O desenvolvimento da planta é influenciado

¹Eng^o Agr^o, Email: jmguiscem@globo.com

²Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa postal 151, Sete Lagoas, MG, CEP 35701-970.

³Prof. Voluntário, FCA/Unesp. Departamento de Produção Vegetal - Setor de Agricultura, Caixa Postal 237, Botucatu, SP, CEP 18603-970. Bolsista do CNPq.

⁴Eng^o Agr^o, Mestrando no Curso de Pós-Graduação em Agronomia/ Agricultura FCA/Unesp.

por vários fatores ambientais (FORTIN & PIERCE, 1990), e dentre os elementos meteorológicos, os mais importantes, por influenciarem diretamente o crescimento e o desenvolvimento da planta, são: a radiação solar, água e temperatura (COELHO & DALE, 1980).

O desenvolvimento da folha de milho (*Zea mays* L.), caracterizado pela taxa de produção de novas folhas, pelo número total de folhas produzidas e pela duração da área fotossinteticamente ativa, é um importante processo no sistema de produção da cultura (WARRINGTON & KANEMASU, 1983a). A área foliar determina a quantidade de radiação interceptada, e conseqüentemente, o crescimento, o desenvolvimento e a produção final da cultura (Sinclair, citado por DWYER & STEWART, 1986).

Vários trabalhos tem mostrado que a produção de milho, o número total de folhas na planta e o aparecimento das inflorescências masculina e feminina são afetados pela radiação solar e temperatura. As cultivares de origem tropical são mais sensíveis ao fotoperíodo (KINIRY et al., 1983a,b; WARRINGTON & KANEMASU, 1983b; STEVENSON & GOODMAN, 1972; RUSSELL & STUBER, 1983; ELLIS et al., 1992a).

De acordo com WARRINGTON & KANEMASU (1983a), um fotoperíodo maior acelera o desenvolvimento da folha, sendo que, aparentemente, algumas cultivares respondem mais ao fotoperíodo que outras. Segundo esses autores, a área fotossinteticamente ativa, a evapotranspiração da cultura, a produção de matéria seca e a produção final são influenciadas pela incidência da radiação solar.

A temperatura afeta o crescimento e o desenvolvimento da planta por influenciar vários processos desta como, crescimento da raiz, absorção de nutrientes e de água, fotossíntese, respiração e translocação (COELHO & DALE, 1980).

HESKETH & WARRINGTON (1989) observaram que a temperatura influencia na altura da planta; TOLLENAAR et al. (1979) verificaram que a relação entre temperatura e o desenvolvimento da cultura tem uma função linear, e que há um efeito direto da temperatura no aparecimento e no número total de folhas (TOLLERNAR & HUNTER, 1983; BONHOMME et al., 1994). PICARD et al. (1985), WARRINGTON & KANEMASU (1983b) e HESKETH & WARRINGTON (1989) encontraram uma relação positiva entre a taxa de emergência da

plântula da folha e a temperatura do ar. De acordo com HESKETH & WARRINGTON (1989), a taxa de alongação da folha responde linearmente à temperatura, sendo, o desenvolvimento da folha um importante processo no sistema de produção da cultura. Nos estudos sobre a taxa de aparecimento de folha por dia, observa-se os mais diferentes valores cujos extremos são 0,21 e 0,30 folhas/dia (WARRINGTON & KANEMASU, 1983c; TOLLERNAR et al., 1979).

Vários índices térmicos tem sido usados para estimar os estádios de crescimento da planta. De acordo com COELHO & DALE (1980), os graus-dia tem uma relação linear com o desenvolvimento da planta, sendo este usado como variável independente para descrever o crescimento e desenvolvimento da planta (DWYER & STEWART, 1986). Inúmeros modelos, tendo como base as unidades térmicas (graus-dia), para estimar o crescimento, a floração, a maturidade fisiológica do grão em milho e a produção da cultura, tem sido extensivamente estudado (GILMORE & ROGERS, 1958; CROSS & ZUBER, 1972; TOLLERNAR et al. 1979; COELHO & DALE 1980; HESKETH & WARRINGTON, 1989; BRUNINI, 1995; BARBANO et al., 2000). De acordo com WARRINGTON & KANEMASU (1989a,b,c), a estimativa de emergência das folhas tendo como base os graus-dia, tem sido o melhor método, e segundo DWYER & STEWART (1986), os estádios das folhas estão altamente correlacionados com graus-dia

Segundo BONHOMME et al. (1994), as unidades térmicas por si só, não são suficientes para estimar o subperíodo da emergência da plântula à floração nas cultivares tropicais, pois além dos graus-dia, o fotoperíodo, também afeta a duração deste subperíodo, sendo que a resposta das cultivares a esses fatores tem sido diferente (ROOD & MAJOR, 1980; KINIRY et al., 1983b; ELLIS et al., 1992b).

De acordo com WARRINGTON & KANEMASU (1983a), o estudo do efeito da combinação entre temperatura e fotoperíodo é mais eficiente na avaliação do desenvolvimento da planta. KINIRY et al. (1983b) observaram que o milho é sensível ao fotoperíodo no período de quatro a oito dias antes da iniciação da inflorescência masculina, e também quando aproximadamente 30 a 50% do número total de folhas estão visíveis (TOLLERNAR & HUNTER, 1983). O período até a emissão da inflorescência masculina tem sido usado para estimar a área foliar total (HESKETH & WARRINGTON, 1989), pois de

acordo com WARRINGTON & KAMEMASU (1983a) o período de desenvolvimento e expansão da área foliar ocorre entre a emergência da plântula até a floração.

O presente trabalho teve por objetivos estudar o momento de ocorrência da emergência da plântula, dos primórdios do pendão e da espiga, do florescimento masculino e o desenvolvimento da planta, e as relações dos graus-dia e da radiação solar com altura da planta, com comprimento e com o aparecimento das folhas.

Material e métodos

O experimento foi conduzido, em condições de campo com irrigação, na área experimental da EMBRAPA-Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas-MG, (latitude 19°28' S, longitude 44°15' W e altitude de 732m). O clima é Aw (Köppen), ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18°C. O solo do local é um Latossolo Vermelho álico argiloso de relevo suavemente ondulado fase cerrado. Foram utilizadas as cultivares BR 206 (ciclo normal) e XL 212 (ciclo superprecoce).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com três repetições. A semeadura foi feita na primeira quinzena de fevereiro de 1994, em parcelas constituídas de 7 fileiras de 15m cada, com espaçamento entre elas de 0,90m e entre plantas de 0,30m. Diariamente foram registradas numa estação meteorológica portátil eletrônica (modelo LI-1200, da LI-COR), as temperaturas máxima e mínima do ar e a radiação solar global (Rg). Esse equipamento foi instalado em local anexo à área experimental, posicionado em abrigo a 2m do solo.

Os surgimentos dos primórdios do pendão (inflorescência masculina) e da espiga (inflorescência feminina) foram observados por meio de dissecação diária de sete plantas de cada cultivar com auxílio de microscópio estereoscópico. Foram marcadas, ao acaso, 10 plantas em cada parcela, e nestas feitas medições do comprimento das folhas (limbo) com bainha e da altura da planta (AL), e anotadas as quantidades de folhas com bainha (FCB) e sem bainha (FSB) expostas, durante o período entre 21 dias após a semeadura (DAS) até após o aparecimento da inflorescência masculina (69 DAS), com intervalos de dias diferentes entre as medições. O número total de folhas foi

obtido por meio da soma de FCB + FSB. Para calcular os graus-dia [GDD = (temperatura máxima do ar – temperatura mínima do ar) / 2 – temperatura base], utilizou-se 8°C como temperatura base (WARRINGTON & KANEMASU, 1983a; Ritchie and Nesmith, 1991 citados por BONHOMME et al., 1994; BRUNINI, 1995; BARBANO et al., 2000). Foram ajustadas curvas para os parâmetros avaliados, por meio de regressão polinomial, sendo a escolha do melhor ajuste feito por meio do menor desvio.

As equações de regressão polinomial e de correlação linear simples, com seus respectivos coeficientes de correlação, foram estabelecidos por meio dos *softwares* SAS, Origin e Statistica, e para o cálculo dos somatórios de graus-dia e de radiação solar global foi empregado Microsoft Excel.

Resultados e discussão

No período em que o experimento foi conduzido, a temperatura máxima do ar variou de 19,5 a 36,2°C, a temperatura mínima de 12,3 a 20,5°C, a radiação de 21,99 a 27,45MJ e os graus-dia foram de 1739,4. Pelos resultados da Tabela 1 pode-se observar que a duração do subperíodo semeadura-emergência das plântulas e aparecimento dos primórdios do pendão e da espiga das duas cultivares foram idênticas, havendo diferença apenas no período compreendido (em dias) entre o aparecimento do primórdio feminino e o florescimento masculino. Estas observações mostram que a diferenciação entre a fenologia das cultivares de milho estudadas iniciou a partir do aparecimento do primórdio feminino.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por HANWAY (1963), segundo o qual, o crescimento das folhas e os órgãos reprodutivos da planta, após o 35º dia da emergência, apresentam alta

Tabela 1. Número de dias após a semeadura para ocorrência das fases fenológicas das cultivares de milho BR206 e XL212. Sete Lagoas, 1994.

| Fases fenológicas | Dias após o semeadura | |
|--------------------------|-----------------------|--------|
| | BR 206 | XL 212 |
| Emergência das plântulas | 5 | 5 |
| Primórdio do pendão | 27 | 27 |
| Primórdio da espiga | 34 | 34 |
| Florescimento masculino | 64 | 59 |

taxa de desenvolvimento, e no 56º dia a planta apresenta o pendão totalmente desenvolvido.

Pela Figura 1, verifica-se que para o número de folhas com bainha (FCB) a equação que melhor se ajustou para as duas cultivares foi de segunda ordem, e para folhas sem bainha (FSB) e o total de folhas (FT) as equações que melhor se ajustaram foram de quarta ordem.

As equações a seguir referem-se às regressões estimadas na Figura 1:

$$FT\ BR\ 206\ (a) = -11,629 + 1,945xDAS - 0,062xDAS^2 + 8,990.10^{-4}xDAS^3 - 4,578.10^{-6}xDAS^4\ (R^2=0,98)$$

$$FT\ XL\ 212\ (b) = -26,927 + 3,587xDAS - 0,128xDAS^2 + 0,002xDAS^3 - 1,104.10^{-5}xDAS^4\ (R^2=0,99)$$

$$FCB\ BR\ 206\ (c) = -3,581 + 0,788xDAS - 0,022xDAS^2\ (R^2=0,97)$$

$$FCB\ XL\ 212\ (d) = -2,230 + 0,587xDAS - 0,016xDAS^2\ (r^2=0,99)$$

$$FSB\ BR\ 206\ (e) = 21,227 - 2,017xDAS + 0,082xDAS^2 - 0,001xDAS^3 + 7,064.10^{-6}xDAS^4\ (R^2=0,96)$$

$$FSB\ XL\ 212\ (f) = 23,707 - 2,242xDAS + 0,089xDAS^2 - 0,001xDAS^3 + 8,097.10^{-6}xDAS^4\ (R^2=0,93)$$

em que FT são as folhas totais, FCB a folha com bainha, FSB a folha sem bainha e DAS o número de dias após sementeira.

O aparecimento do primórdio do pendão ocorreu aos 27 DAS, quando ambas as cultivares apresentavam 5 folhas completamente desenvolvidas (FCB), o primórdio da espiga aos 34 DAS quando ambas cultivares apresentavam 6 folhas, o que corresponde provavelmente as folhas embrionárias, segundo KIESSELBACH (1980).

Pelos valores do coeficiente angular da reta obtidos por meio de regressão linear simples entre o número de folhas com bainha e o número de folhas totais na planta com o tempo, no período entre o estágio de emergência de plântulas até 36 dia após a sementeira (no estágio de iniciação do primórdio feminino, onde houve o primeiro ponto de inflexão da curva) o aparecimento de folhas com bainhas por dia foi de 0,18 e 0,21 e de total de folhas foi de 0,25 e 0,24 folhas, nas cultivares BR206 e XL212,

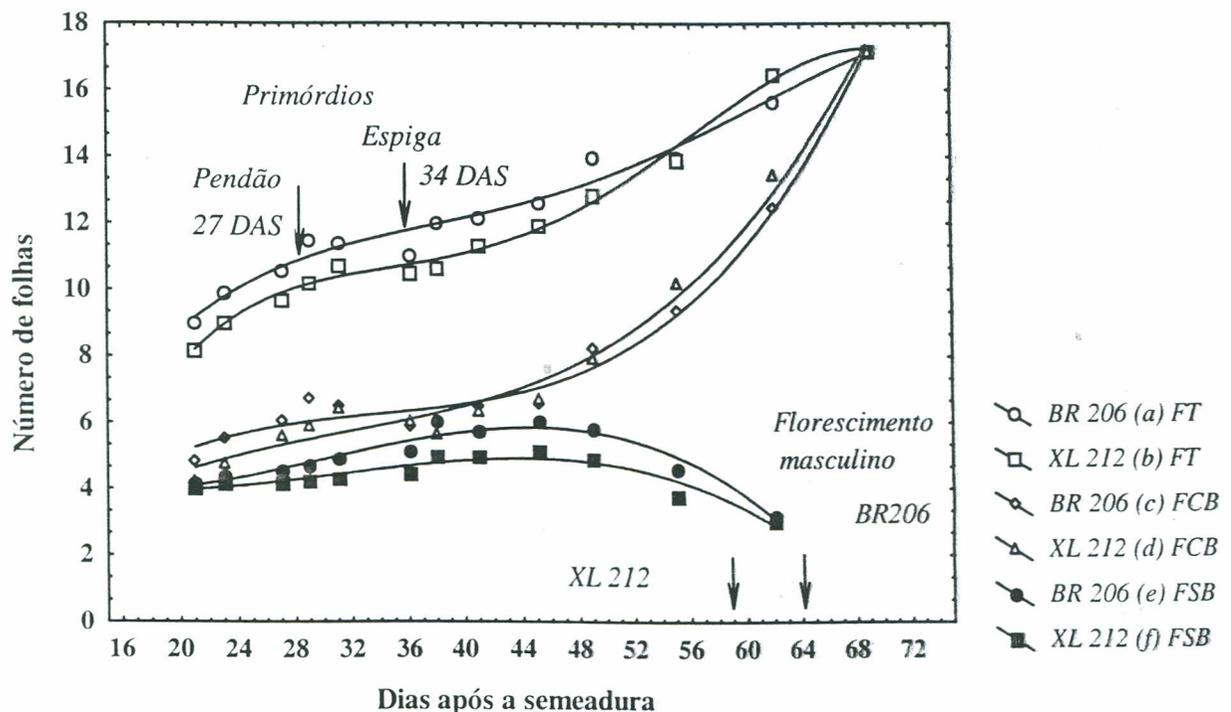


Figura 1. Relação entre o número de folhas sem bainha (FSB), número de folhas com bainha (FCB), número total de folhas com e sem bainha (FT) e os dias após a sementeira, das cultivares de milho BR206 e XL212, em cultivo tardio. Sete Lagoas, 1994.

respectivamente, com coeficiente de correlação, "r", de 0,95 ; 0,99 e 0,97 ; 0,99.

Apesar da cultivar XL212 apresentar menor número de folhas no início do seu desenvolvimento, apresentou um aumento no final o que pode-se ser explicado pelos dados acima encontrados. WARRINGTON & KANEMASU (1983b) quantificaram o aparecimento de folhas em vários cultivares por meio do coeficiente angular da reta tendo obtido valores entre 0,31 e 0,27 folhas por dia.

No período entre 36 a 69 dias após a semeadura a quantidade de folhas surgidas com bainha foi de 0,32 e 0,34 folhas / dia e o total foi de 0,17 e 0,21 folhas/dia, com "r" de 0,96 ; 0,97 e 0,98 ; 0,99 respectivamente nas cultivares BR 206 e XL 212 . No período entre 21 a 69 DAS o valor do coeficiente angular foi de 0,20 e 0,23 folhas com bainhas/dia e 0,15 e 0,18 folhas sem bainha/dia, com "r" de 0,88 ; 0,92 e 0,98 ; 0,98 respectivamente.

Segundo WARRINGTON & KANEMASU (1983b), essas diferenças no aparecimento das folhas são devidas às diferenças entre híbridos, à radiação fotossinteticamente ativa, ao fotoperíodo, à qualidade da luz e às condições culturais. Neste trabalho observou-se que houve diferença no aparecimento quantitativo de folhas por dia entre as cultivares estudadas. BERZSENYI et al. (1998) constataram que o aparecimento de todas as folhas variava de 54 a 61 dias após a emergência, entre os híbridos estudados. Segundo KIESSELBACH (1980), o aparecimento do primórdio do pendão e da espiga ocorrem aos 23 e 28 dias após a semeadura, respectivamente.

O aumento no comprimento da folha (limbo) com bainha (CFB) no tempo, durante o período de desenvolvimento vegetativo, isto é, até logo após o aparecimento do pendão aos 69 DAS, pode ser observado na Figura 2. O ajuste das curvas dos comprimentos da folha para as duas cultivares, foi realizado por meio de equações polinomiais do 3º grau.

As equações a seguir referem-se às regressões estimadas na Figura 2.

$$CFB_{(BR206)} = 32,937 - 1,478 \times DAS + 0,06 \times DAS^2 - 4,99 \cdot 10^{-4} \times DAS^3$$

$$CFB_{(XL202)} = 14,408 + 0,102 \times DAS + 0,022 \times DAS^2 - 2,38 \cdot 10^{-4} \times DAS^3$$

Verificou-se um ponto de convergência aos 40 DAS, onde a cultivar BR 206 que apresentava no início um comprimento menor que da cultivar XL212,

passou a ter valores mais elevados de 36 a 69 DAS.

Pelos resultados obtidos por meio de correlação linear simples entre o comprimento da folha e o tempo, pode-se observar por meio do coeficiente angular "beta" das equações que o aumento do comprimento da folha foi de 0,73 e 0,55cm.dia⁻¹, para as cultivares BR 206 e XL 212, respectivamente no período de 21 DAS até 69 DAS com "r" de 0,99 e 0,97. Com esses resultados confirma-se a tendência do BR 206 apresentar maior taxa de crescimento do comprimento foliar do que o XL 212.

A altura média das plantas no período vegetativo, com o decorrer do tempo são mostradas na Figura 3, onde o ajuste dos pontos de avaliação para as duas cultivares foi obtido por meio de equações polinomiais do 4º grau. Observa-se que as duas cultivares tiveram o mesmo comportamento, e apresentaram a mesma tendência do comprimento médio da folha com bainha e o número de folhas (Figuras 1 e 2), ou seja, a diferença da altura das plantas entre as cultivares iniciou-se após o aparecimento do primórdio da espiga, com uma altura final de 169,63 e 155,55cm, respectivamente para as cultivares BR206 e XL 212. Esse dados de altura final estão na faixa dos obtidos por GRIFFITH et al. (1973) com milho cultivado em diferentes tipos de solo, os quais obtiveram valores variando de 86,1 a 223cm.

As equações abaixo referem-se às regressões estimadas na Figura 3.

$$AL_{(BR206)} = -246,141 + 28,967 \times DAS - 1,146 \times DAS^2 + 0,022 \times DAS^3 - 1,209 \cdot 10^{-4} \times DAS^4$$

$$AL_{(XL212)} = -181,813 + 21,904 \times DAS - 0,865 \times DAS^2 + 0,015 \times DAS^3 - 9,087 \cdot 10^{-5} \times DAS^4$$

em que AL é a altura da planta

Pelos dados obtidos de número e comprimento das folhas e altura das plantas, pode-se observar que após o aparecimento do primórdio da espiga, as características fisiológicas e fenológicas diferenciaram entre si. Dos 36 DAS até aproximadamente 56 DAS, ou seja, um pouco antes do aparecimento do pendão, houve uma aceleração do desenvolvimento vegetativo da planta. Após esse período, praticamente 90% das folhas estavam formadas e seu crescimento foi paralisando. WARRINGTON & KANEMASU (1983c), observaram esta mesma tendência no desenvolvimento da planta.

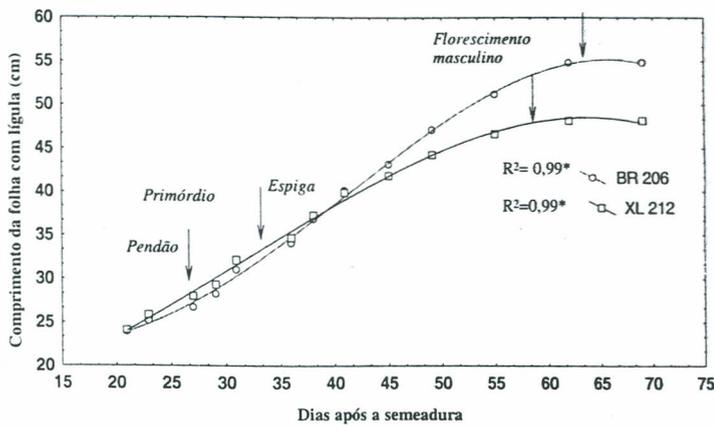


Figura 2. Comprimento da folha com bainha em relação aos dias após a semeadura, em duas cultivares de milho BR206 e XL212 em cultivo tardio. Sete Lagoas, 1994.

Logo após o aparecimento da inflorescência masculina, isto é, o início da fase reprodutiva, como era de se esperar, as folhas paralisaram o seu crescimento. Segundo MAGALHÃES (1995), no momento em que as estruturas reprodutivas se diferenciam, uma nova demanda por metabólicos se estabelece e, ao atingir o estágio reprodutivo, a planta redireciona o fluxo de assimilados, passando a priorizar as novas estruturas em desenvolvimento, principalmente, os órgãos de armazenamento. No milho, o processo mais intenso de consumo e acumulação dos fotoassimilados se concentra nos grãos, em rápido crescimento.

As quantidades de graus-dia (GDD) e de radiação solar (Rad) necessárias para as plantas das cultivares BR 206 e XL212 alcançarem as fases fenológicas: emergência das plântulas, aparecimento dos primórdios do pendão e da espiga e florescimento masculino, podem ser observadas na Tabela 2.

Pelos resultados apresentados pode-se

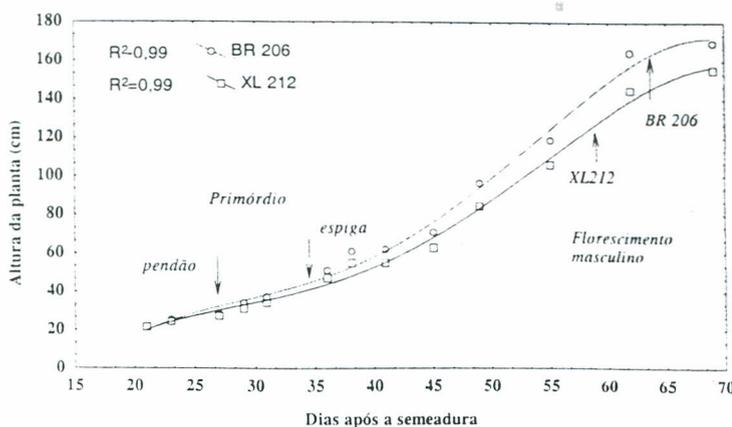


Figura 3. Altura da planta (cm), das cultivares BR206 e XL 212

observar que os graus-dia e a quantidade de radiação solar necessários para a emergência das plântulas foi 98,13GDD e 115,03 MJ, respectivamente para as duas cultivares, valores estes bastante elevados comparados aos encontrados por SWAN et al. (1987) que variaram de 64 a 68. Para o aparecimento dos primórdios a quantidade de graus-dia e radiação solar foram 414,46GDD e 575,05MJ para o primórdio do pendão, e de 528,72GDD e 693,49MJ para o aparecimento do primórdio da espiga, respectivamente para as cultivares XL212 e BR 206. Soma graus-dia necessários para o florescimento masculino das cultivares XL 212 (super precoce) e BR206 (normal) foram diferentes entre-si, necessitando respectivamente de 912,23 e 984,15GDD e de 1168,94 a 1267,55MJ de radiação solar global. BARBANO et al. (2000) encontraram valores de graus-dia entre 912 e 1072 para o subperíodo de semeadura a florescimento masculino.

Verifica-se pelos dados apresentados, que a quantidade de graus-dia e radiação solar global necessários entre o período de aparecimento do primórdio da espiga até o florescimento masculino diferenciaram-se entre as cultivares, sendo que XL212 e BR206 necessitaram respectivamente de 383,51 e 455,43 graus-dia e radiação solar global de 475,45 e 574,06MJ.

Nas Figuras 4a e 4b estão representadas as curvas ajustadas para o comprimento de folha com bainha em relação a soma dos graus-dia (GDD) e radiação solar global (Rad), respectivamente. A equação que melhor ajustou os pontos de comprimento da folha com bainha (FCB) e altura da planta em relação a soma dos graus-dia (GDD) e a radiação solar global (Rad) foi a regressão polinomial de 3º grau.

As equações a seguir referem-se às regressões estimadas representadas na Figura 4a.

$$CFB_{(BR\ 206)} = 33,69 - 0,101 \times GDD + 2,614 \times GDD^2 - 1,389 \cdot 10^{-7} \times GDD^3$$

$$CFB_{(XL212)} = 11,334 + 0,019 \times GDD + 7,426 \times GDD^2 - 5,650 \cdot 10^{-8} \times GDD^3$$

As equações a seguir referem-se às regressões estimadas na Figura 4b.

Tabela 2. Valores de soma graus-dia (GDD) e radiação solar (Rad) necessários para as plantas das cultivares de milho BR206 e XL212, de ciclo super precoce, no cultivo tardio alcançarem as diferentes fases fenológicas a partir da data de semeadura. Sete Lagoas, 1994.

| Dias após a semeadura | Radiação (MJ) | | GDD (°C/dia) | |
|--------------------------|---------------|---------|--------------|--------|
| | BR 206 | XL 212 | BR 206 | XL 212 |
| Emergência das plântulas | 115,03 | | 98,13 | |
| Primórdio do pendão | 575,05 | | 414,46 | |
| Primórdio da espiga | 693,49 | | 528,72 | |
| Florescimento masculino | 1267,55 | 1168,94 | 984,15 | 912,23 |

$$CFB_{(BR\ 206)} = 9,179 - 0,006 \times Rad + 8,79 \cdot 10^{-5} \times Rad^2 - 4,32 \cdot 10^{-8} \times Rad^3$$

$$CFB_{(XL\ 212)} = -22,383 + 0,116 \times Rad - 5,27 \cdot 10^{-5} \times Rad^2 + 4,21 \cdot 10^{-9} \times Rad^3$$

Verifica-se que até aproximadamente 51 DAS (Figura 1 e 2) as relações foram lineares entre CFB x

GDD e CFB x Rad, sendo que após esse período houve maior diferenciação do CFB entre as cultivares. Pelos resultados obtidos por meio de correlação linear simples entre CFB x GDD e CFB x Rad nos períodos de 21 a 31 DAS, 36 a 69 DAS e de 21 a 69 DAS, verificou-se uma correlação linear positiva nas duas cultivares com esses parâmetros correlacionados, e valores de coeficiente de determinação "r²"

significativos com p<0,005 variando de 0,94 a 0,98 entre as cultivares estudadas. Estes resultados estão de acordo com os observados por WARRINGTON & KANEMASU (1983b) e HESKETH & WARRINGTON (1989), os quais observaram que a temperatura e a radiação solar global influenciam no crescimento da folha de milho.

A análise de regressão com os dados de comprimento médio do CFB das duas cultivares juntas com graus-dia e radiação solar global, mostraram correlações positivas e significativas com p<0,005, como pode ser visto nas equações estimadas e os respectivos coeficiente de determinação "r²", Tabela 3.

Pelos resultados pode-se observar que os efeitos da radiação solar global e a soma graus-dia no período de 21 a 69 DAS foram similares, verificando que esses elementos meteorológicos influenciam no crescimento da folha (Figuras 4a e 4b). O valor de "r²" da regressão múltipla da equação (CFB = 8,162 + 0,0198GDD + 0,021 Rad) indica que 94% do tamanho da folha são atribuídos aos graus-dia e radiação.

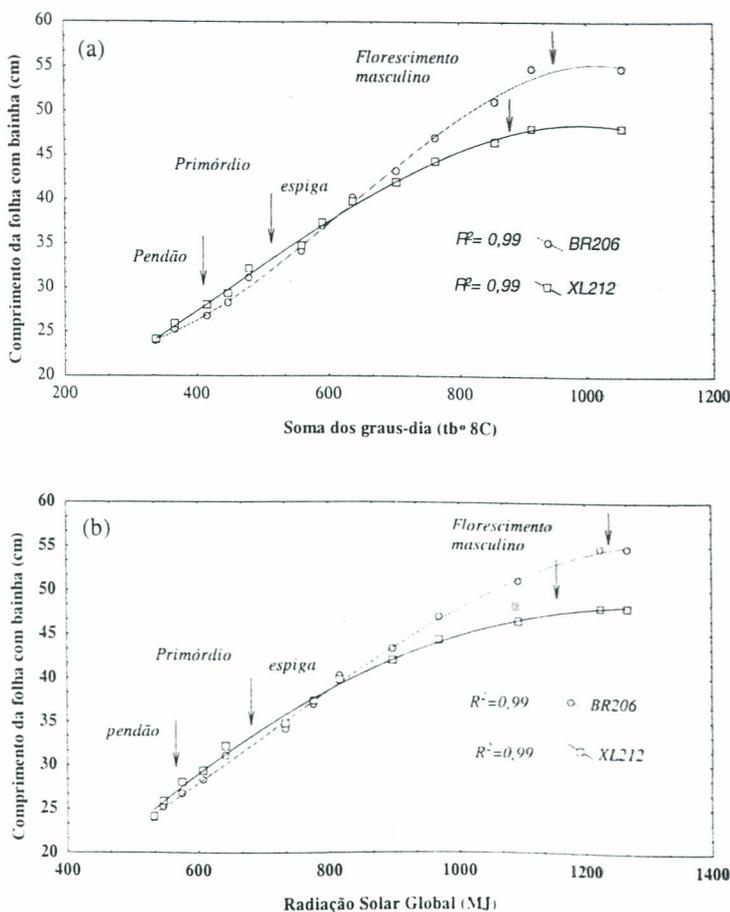


Figura 4. Relação entre o comprimento médio das folhas com bainha (CFB) e a soma dos graus-dia (GDD) [4a] e a radiação solar global (Rad) [4b], das cultivares BR 206 e XL 212, em cultivo tardio. Sete Lagoas, 1994.

Tabela 3. Correlação entre o comprimento médio das folhas com bainha (FCB), com soma graus-dia (GDD) e radiação solar global (Rad. no período de 21 a 69 DAS, Sete Lagoas, 1994.

| Dias após a Semeadura | Comprimento da folha com bainha em cm (x) | | | |
|-----------------------|---|----------------|----------------------------|----------------|
| | GDD (°C/dia) | r ² | Rad (MJ) | r ² |
| 21 a 31 | FCB = 16,70 + 0,051 x GDD | 0,94 | FCB = -10,10 + 0,065 x Rad | 0,98 |
| 36 a 69 | FCB = 16,54 + 0,036 x GDD | 0,83 | FCB = 13,76 + 0,031 x Rad | 0,86 |
| 21 a 69 | FCB = 10,56 + 0,043 x GDD | 0,94 | FCB = 6,33 + 0,038 x Rad | 0,92 |

A representação gráfica do ajuste das regressões polinomial de 3ª ordem entre AL x GDD e AL x Rad para as duas cultivares pode ser observadas nas Figuras 5a e 5b. Observou-se que os coeficientes de determinação "R²" das equações ajustadas entre AL x GDD e AL e Rad não diferiram entre as cultivares, indicando que a soma graus-dia interferiu 97% na altura

da planta e a radiação solar global 99%. Pelas equações ajustadas pode-se verificar que a relação entre GDD e AL foi menor em relação a radiação solar global, sendo que após o aparecimento do primórdio da espiga seu efeito foi quase linear até o final do ciclo vegetativo, isto é até a paralisação do crescimento da planta, quando houve diferenciação do florescimento masculino.

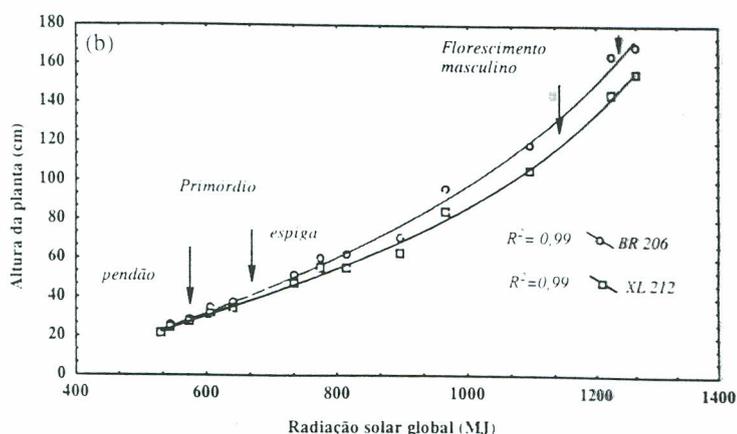
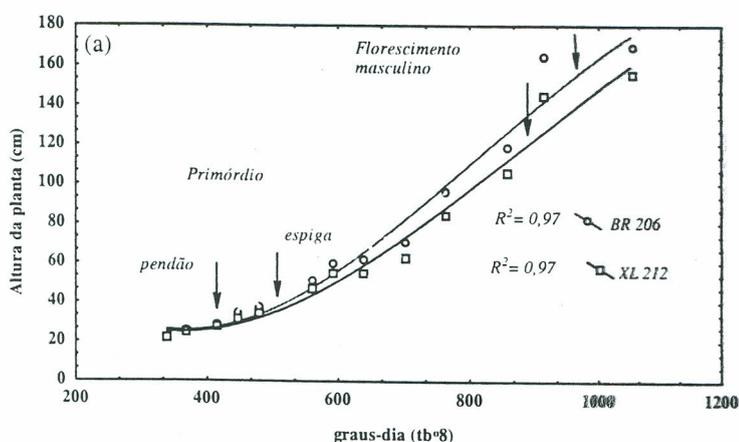


Figura 5. Relação entre altura da planta (AL) e a soma graus-dia (GDD) [5a] e Radiação solar global (Rad) [5b], em duas cultivares de milho (BR 206 e XL 212) em cultivo tardio. Sete Lagoas, 1994.

$$AL_{(BR\ 206)} = 140,683 - 0,699 \times GDD + 0,001 \times GDD^2 - 5,191 \cdot 10^{-7} \times GDD^3$$

$$AL_{(XL212)} = 110,606 - 0,525 \times GDD + 9,28 \cdot 10^{-4} \times GDD^2 - 3,66 \cdot 10^{-7} \times GDD^3$$

$$AL_{(BR\ 206)} = -61,931 + 0,232 \times Rad - 2,064 \cdot 10^{-4} \times Rad^2 + 1,343 \cdot 10^{-7} \times Rad^3$$

$$AL_{(XL212)} = -84,404 + 0,336 \times Rad - 3,537 \cdot 10^{-4} \times Rad^2 + 1,887 \cdot 10^{-7} \times Rad^3$$

Apesar da observação da Figura 5b ser polinomial, verificou-se por meio da análise de correlação linear simples entre a AL x GDD e AL x Rad que os GDD e Rad possuem efeito quase linear na altura da planta. Esta resposta observada está de acordo com os resultados de SINGH et al. (1976) e BENOIT et al. (1990), os quais constataram que a temperatura influencia na altura da planta.

As equações e os coeficientes de determinação da correlação entre a altura da planta das duas cultivares juntas com GDD e Rad podem ser observadas na Tabela 4. Verifica-se que os coeficientes de

Tabela 4. Equações de regressão linear simples e respectivos coeficientes de determinação da relação entre altura média de planta (AL) no período de 21 DAS a 69 DAS com soma graus-dia (GDD) e radiação solar global (Rad).

| Dias após a Semeadura | Altura da planta em cm (x) | | | |
|-----------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| | GDD | r ² | Rad | r ² |
| 21 a 31 | $AL = -11,21 + 0,097 \times GDD$ | 0,96 | $AL = -42,32 + 0,122 \times Rad$ | 0,95 |
| 36 a 69 | $AL = -99,15 + 0,253 \times GDD$ | 0,92 | $AL = -118,15 + 0,217 \times Rad$ | 0,96 |
| 21 a 69 | $AL = -60,94 + 0,207 \times GDD$ | 0,93 | $AL = -83,39 + 0,185 \times Rad$ | 0,96 |

determinação entre AL e Rad em geral foram maiores.

Pelo ajuste da regressão múltipla entre AL x GDD e Rad pode-se observar por meio do coeficiente de determinação "R²" da equação ajustada $AL = -0,93 - 0,110 GDD + 0,28 Rad$, que 96% da altura da planta é influenciada pela radiação e graus-dia.

De acordo com os resultados da análise de regressão múltipla, o número total de folhas (FT) e a quantidade de folhas com bainha (FCB) durante o período de desenvolvimento vegetativo são influenciadas pelas somas dos graus-dia e radiação solar global, pois a análise de variância da regressão múltipla estimada foi significativa com $p < 0,005$ e com coeficiente de determinação "R²" de 0,92 e 0,79 para FT e FCB respectivamente cujas equações estimadas foram: $FT = 4,763 + 0,006GDD + 0,004 Rad$ e $FCB = -1,62 + 0,010 GDD + 0,004 Rad$.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados na literatura. Segundo WARRINGTON & KANEMASU (1983a) a interação temperatura e fotoperíodo específica melhor a diferença entre híbridos. MUCHOW et al. (1990) relataram que a temperatura do ar e radiação solar afetam o período de crescimento e MUCHOW & CARBERY (1989) concluíram que a temperatura do ar e a radiação solar influenciam no índice de área foliar da cultura.

Os resultados mostram que o aparecimento do primórdio do pendão e da espiga não difere entre as cultivares, e que, a partir dessa fase iniciam-se as diferenciações no desenvolvimento. Quanto ao crescimento das plantas a equação que melhor representa é polinomial de quarta ordem e que a soma graus-dia e radiação solar global influenciam no desenvolvimento vegetativo com a mesma magnitude. Portanto, a utilização da regressão múltipla considerando os dois fatores, pode refletir melhor o desenvolvimento vegetativo.

Referências bibliográficas

- BARBANO, M.T., DUARTE, A.P., BRUNINI, O. et al. Acúmulo térmico e duração do subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000. Uberlândia, MG. Resumos..., Uberlândia : ABMS, 2000. p. 32.
- BENOIT, G.R., OLNES, A., VANSICKLE, K.A. Day-night temperature effects on leaf expansion and height of field-grown corn. 1990. *Agronomy Journal*, Madison, v. 82, p. 690-695, 1990.
- BERZSENYI, Z., RAGAB, A.Y., LAP, D.Q. Effect of sowing date on the dynamic of vegetative growth in maize hybrids in 1995 and 1996. *Novenytermeles*, v. 47, n. 2. p. 165-180, 1998.
- BONHOMME, R., DERIEUX, M., EDMAEADS, G.O. Flowering of diverse maize cultivars in relation to temperature and photoperiod in multilocation field trials. *Crop Science*, Madison, v. 34, p. 156-164, 1994.
- BRUNINI, O., BORTOLETO, N., MARTINS, A.L.M. et al. Determinação das exigências térmicas e hídricas de cultivares de milho. SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 1995. Assis. Anais..., Assis : IAC/CDV p. 141-145, 1995.
- COELHO, D.T., DALE, R.F. An energy-crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. *Agronomy Journal*, Madison, v. 72, p. 503-510, 1980.
- CROSS, H.Z., ZUBER, M.S. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agronomy Journal*, Madison, v. 64, p.351-355, 1972.
- DWYER, L.M. STEWART, D.T. Leaf area development in field-grown maize. *Agronomy Journal*, Madison, v. 78, p. 334-343, 1986.
- ELLIS, R.H., SUMMERFIELD, R.J., EDMAEDES, G.O. et al. Photoperiod leaf numb, and the interval from tassel initiation to emergence in diverse cultivars of maize. *Crop Science*, Madison, v. 32, p. 398-403, 1992a.

- ELLIS, R.H., SUMMERFIELD, R.J., EDMEADES, G.O. et al. Photoperiod, temperature and interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 1225-1232, 1992b.
- FORTIN, M.C., PIERCE, F.J. Developmental and growth effects of crop residues on corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 710-715, 1990.
- GILMORE, E.C., ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity on corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, p. 611-615, 1958.
- GRIFFITH, D.R., MANNERING, J.V., GALLOWAY, H.M. et al. Effect of eighth tillage-planting systems on soil temperature, percent stand, plant growth, and yield of corn on five Indiana soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 321-326, 1973.
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.) **Agronomy Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 487-492, 1963.
- HESKETH, J.D., WARRINGTON, J.J. Corn growth response to temperature: rate and duration of leaf emergence. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 1225-1232, 1989.
- KIESSELBACH, T.A. **The structure and reproduction of corn**. Lincoln : University of Nebraska, 1980. 96 p.
- KINIRY, J.R., RITCHIE, J.T., MUSSER, R.L. Dynamic nature of the photoperiod response in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 700-703, 1983a.
- KINIRY, J.R., RITCHIE, J.T., MUSSER, R.L. et al. The photoperiod sensitive interval in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 687, 1983b.
- MAGALHÃES, A.C. Photosynthesis, assimilate partitioning, and plant growth under stress: Special case of maize. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais...**, Sete Lagoas : EMBRAPA/CNPMS, 1995. 449 p. p. 197-221.
- MUCHOW, R.C., CARBERY, P.S. Environmental control of phenology and leaf growth in a tropically adapted maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, p. 221-236, 1989.
- MUCHOW, R.C., SINCLAIR, T.R., BENETT, J.M. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locaton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 338-343, 1990.
- PICARD, D., JORDAN, M., TRENDEL, R. Rate of appearance of primary roots of maize I. Detailed study of one cultivars at one site. **Agronomie**, Paris, v. 5, p. 667-676, 1985.
- ROOD, S.B., MAJOR, D.J. Response of early corn inbreds to photoperiod. **Crop Science**, Madison, v. 20, p. 679-682, 1980.
- RUSSEL, W.K., STUBER, C.W. Effects of photoperiod and temperature on the duration of vegetative growth in maize. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 847-50, 1983.
- SINGH, P.M., GILLEY, J.R., SPLINTER, W.E. Temperature threshold for corn growth in a controlled environmental. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 1152-1155, 1976.
- STEVENSON, J.C., GOODMAN, M.M. Ecology of exotic races of maize. 1. Leaf number na tillering of 16 races under four temperatures and two photoperiod. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 864-868, 1972.
- SWAN, J.B., SCHNEIDER, E.C., MONCRIEF, W.H. et al. Estimating corn growth, yield, and grain moisture from air growing degree days and residue cover, **Agronomy Journal**, Madison, p. 53-60, 1987.
- TOLLERNAR, M., HUNTER, R.B. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number in maize. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 457-460, 1983.
- TOLLERNAR, M., DAYNARD, T.B., HUNTER, R.B. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 363-366, 1979.
- WARRINGTON, I.J., KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature nad photoperiod I. seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 749-754, 1983a.
- WARRINGTON, I.J., KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod. Leaf-initiation and leaf-appearance rates. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 755-761, 1983b.
- WARRINGTON, I.J., KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. Leaf number. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 762-766, 1983c.