

DESFOLHAMENTO ARTIFICIAL E SEUS EFEITOS NOS CARACTERES MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS EM HÍBRIDOS DE MILHO

VELCI QUEIRÓZ DE SOUZA¹, IVAN RICARDO CARVALHO¹,
DIEGO NICOLAU FOLLMANN¹, MAICON NARDINO², RAFAEL BELLÉ¹,
DIEGO BARETTA² e DENISE SCHMIDT¹

¹UFMS, Frederico Westphalen, RS, Brasil, velciq@gmail.com, carvalho.irc@gmail.com, diegonicolaufollmann@gmail.com, belleraphael@yahoo.com.br, denise@ufsm.br

²UFPEL, Pelotas, RS, Brasil, nardinomn@gmail.com, barettadiego@gmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, n.1, p. 61-74, 2015

RESUMO - O objetivo do trabalho foi investigar o desfolhamento artificial em estádios vegetativos e reprodutivos do milho sobre caracteres morfológicos e da produtividade, buscando quantificar, em proporções, os efeitos sobre cultivares híbridas empregadas em larga escala no cenário nacional. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, vinculada ao Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas, RS, durante os anos agrícolas de 2010 / 2011 e de 2011 / 2012. Foram testados três híbridos simples, que apresentam elevado potencial para a produtividade de grãos: DKB 240; P30F53H; e DKB 250. Os híbridos foram avaliados com sua área foliar intacta e submetidos a nove níveis de desfolha para as duas safras. A desfolha artificial na cultura do milho em estádios reprodutivos afeta negativamente alguns componentes do rendimento para as cultivares híbridas utilizadas. Quando ocasionada após o florescimento, reduziu nas proporções de 84%, 73% e 82% a produtividade de grãos das cultivares híbridas DKB240, DKB250 e P30F53H na safra 2011 / 2012.

Palavras-chave: *Zea mays* L., área foliar, níveis de desfolha, produtividade de grãos.

DEFOLIATION AND ITS EFFECTS ON MORPHOLOGICAL AND PRODUCTIVE TRAITS IN MAIZE HYBRIDS

ABSTRACT - The aim of the study was to investigate the defoliation in vegetative and reproductive stages of maize on morphological and productive traits, seeking to quantify the proportions of the effects on hybrid cultivars widely used in Brazil. The experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Santa Maria, Frederico Westphalen Campus, linked to the Laboratory of Genetic Breeding and Production Plant, RS, during 2010/2011 and 2011/2012 crop seasons. Three simple hybrids with high potential for grain yield were evaluated: DKB 240, DKB 250 and P30F53H. The hybrids were evaluated with full leaf area and subjected to nine levels of defoliation. The artificial defoliation at reproductive stages negatively affected some yield components of the hybrid cultivars. When induced after flowering, defoliation reduced grain yield in 84%, 73% and 82% for DKB240, DKB250 and P30F53H, respectively, in the 2011/2012 season.

Key words: *Zea mays* L.; leaf area; levels of defoliation; grain yield

O estresse é definido como um fator externo que exerce influência desvantajosa para o crescimento e o desenvolvimento da planta, reduzindo significativamente o desempenho vegetal (Damatta & Ramalho, 2006). Os estresses ocasionados por fatores bióticos influenciam diretamente a produtividade da cultura do milho, como o ataque de insetos-praga às estruturas vegetativas da planta, causando reduções na área foliar (Sangoi et al., 2014). O potencial produtivo de um genótipo é diretamente influenciado pela capacidade fotossintética das plantas, pelo número e pelo tamanho de folhas (Manfron et al., 2003).

O arranjo foliar da planta contribui diferencialmente na produção de fotoassimilados, o terço inferior tem por finalidade manter a oferta energética demandada para o sistema radicular, os terços médio e superior suprem energeticamente as estruturas morfológicas e reprodutivas do ápice da planta (Alvim et al., 2011). A área foliar é responsável por vários processos fisiológicos, tais como fotossíntese, respiração e transpiração (Mondo et al., 2009). Perdas em área foliar são atribuídas a danos causados por insetos-praga, por doenças e por intempéries climáticas. Estudos conduzidos por Lima et al. (2010) revelam redução considerável do rendimento de grãos devido ao desfolhamento da cultura do milho. Sangoi et al. (2014) apontam que os danos à área foliar diminuem a eficiência fotossintética da cultura devido à redução da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e à sensibilidade que a cultura do milho possui a estresses durante seu desenvolvimento.

Plantas de milho submetidas à desfolha respondem diferencialmente em relação ao período de ocorrência do estresse. Estudos relatam que o decréscimo da área foliar no pré-florescimento, e em estádios reprodutivos, reduz substancialmente o acúmulo de fitomassa, proporciona reduções na produção de fotoassimilados

e alterações na relação fonte-dreno da planta (Karam et al., 2010). Lima et al. (2010) destacam que a contribuição das folhas nos diferentes terços da planta proporciona diferentes respostas nos híbridos, apontando que a remoção das folhas acima da espiga compromete significativamente o rendimento de grãos. Vários estudos foram conduzidos para avaliação do impacto da perda de área foliar em cultivares de milho, tais como Sangoi et al. (2001), Thomison & Geyer (2009), Lima et al. (2010), Pereira et al. (2012), Sangoi et al. (2012), (2014). Considerando os efeitos prejudiciais ocasionados pela desfolha, é importante a busca de alternativas que minimizem esse tipo de estresse, bem como a identificação dentro do cenário comercial de híbridos que apresentam maior tolerância ao desfolhamento e aos estádios em que a redução de área foliar mais compromete o rendimento de grãos, para que o controle venha a ser realizado para não haver reduções significativas na produtividade de grãos por esse tipo de estresse. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi investigar o desfolhamento artificial em estádios vegetativos e reprodutivos do milho sobre caracteres morfológicos e da produtividade, buscando quantificar em proporções os efeitos sobre cultivares híbridas empregadas em larga escala no cenário nacional.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas safras 2010 / 2011 e 2011 / 2012, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, RS, vinculada ao Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas. O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho alumino férrico. O clima, conforme classificação de Köppen, enquadra-se como Cfa, subtropical, altitude de 490 m.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3 x 10, sendo duas safras agrícolas, três cultivares híbridas de milho (*Zea mays* L.) e dez níveis de desfolha, alocados em três repetições. Cada unidade experimental foi composta por três linhas espaçadas por 0,80 m, com 3 m de comprimento. Os híbridos comerciais utilizados são classificados em híbridos simples, sendo DKB 240, P30F53H e DKB 250. Entre as principais características, estão o elevado potencial para a produtividade de grãos. Outro ponto determinante para escolha desses híbridos é por serem cultivados em larga escala por produtores. A densidade de plantas utilizada foi 75.000,00 plantas por ha⁻¹.

Os dez níveis de desfolha realizados em cada híbrido para as duas safras foram:

- sem desfolha (SD);
- desfolha no estágio V5, com a remoção de todas as folhas expandidas (DV5);
- desfolha no estágio V6, com a remoção de todas as folhas expandidas (DV6);
- desfolha no estágio V7, com a remoção de todas as folhas expandidas (DV7);
- desfolha no estágio V8, com a remoção de todas as folhas expandidas (DV8);
- desfolha total, realizada antes da emissão do pendão (DT);
- desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão (FAP);
- desfolha deixando apenas uma folha acima da espiga (FACES);
- desfolha deixando apenas uma folha abaixo da espiga (FAES);
- desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão e uma folha abaixo da espiga (FAP + AES).

Os caracteres avaliados foram:

- altura de planta (AP): aferida pela mensuração da distância do nível do solo até a última folha expandida, resultados em metros.

- altura de inserção da espiga (AIE): aferida pela mensuração da distância do nível do solo até o nó de inserção da primeira espiga, resultados em metros.

- comprimento da espiga (CE): medida da extremidade basal até a extremidade apical da espiga, resultados em centímetros.

- diâmetro da espiga (DE): mensurado no terço médio da espiga, com auxílio de paquímetro digital, resultado em milímetros.

- massa da espiga (ME): aferida a massa de três espigas sem palha, dividindo por três e obtendo-se a média para uma espiga, com auxílio de balança digital, resultados em gramas.

- número de fileiras por espiga (NFE): contagem do número de fileiras verdadeiras em três espigas, dividindo por três, obtendo-se a média de uma espiga, resultado em unidades.

- número de grãos por fileira (NGF): contagem do número de grãos na fileira de três espigas da extremidade basal à extremidade apical da espiga, resultados em unidades.

- massa de grãos por espiga (MGE): obtida através de debulha manual de três espigas, computando-se a média de uma espiga, obtida através de balança digital; após, retirou-se uma amostra para a correção dos valores para 13% de umidade, resultados em gramas.

- massa de 1000 grãos (MMG): obtida pela contagem de 100 grãos com oito repetições para cada unidade experimental, com auxílio de balança digital; os resultados foram corrigidos para 13% de umidade, resultados em gramas.

- produtividade de grãos (PG): obtida pela colheita e pela debulha manual de todas as espigas da

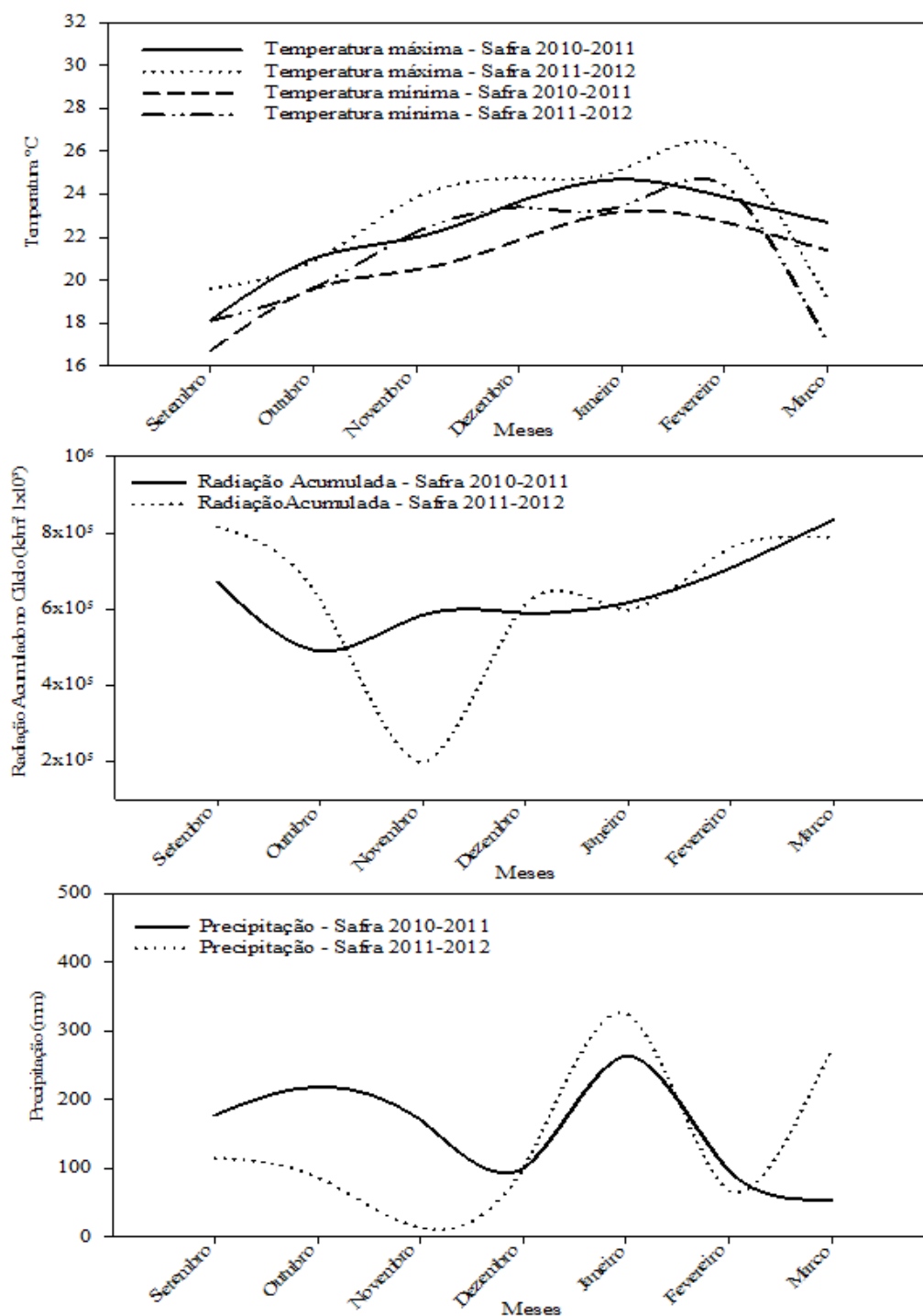


FIGURA 1. Caracterização dos elementos meteorológicos de temperaturas máxima e mínima, precipitação mensal acumulada e radiação solar acumulada para as duas safras de cultivo. Os dados climáticos foram coletados junto à estação do Inmet, localizada a 300 m do experimento. Frederico Westphalen, RS. 2014.

unidade experimental, ajustando-se a massa de grãos para umidade de 13%, os resultados foram expandidos para kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Quando as interações foram significativas, procedeu-se ao desdobramento das mesmas. Os caracteres que não apresentaram efeitos significativos para interação foram interpretados com base nos efeitos principais, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas no programa computacional SAS Learning Edition, versão 9.3 (SAS Institute 2013).

Resultados e Discussão

A análise de variância revelou significâncias para interação tripla para safra agrícola x híbridos x níveis de desfolhamento para os caracteres número de grãos por fileira (NGF) e produtividade de grãos (PG), indicando principalmente que os híbridos não possuem performance constante aos níveis de desfolha, nem em diferentes anos. Segundo Oliboni et al. (2013), híbridos simples sofrem com interação genótipo x ambiente, situação verificada no presente trabalho pela presença da interação com safra agrícola. Os caracteres diâmetro da espiga (DE), massa de espiga (ME), número de fileiras por espiga (NFE), massa de grãos por espiga (MGE) e massa de 1000 grãos (MMG) revelaram interação safra agrícola x níveis de desfolha. A análise de variância revelou interação safra agrícola x híbridos para as variáveis NFE e MMG. Os caracteres ME e MMG apresentam efeitos significativos para híbridos x níveis de desfolha. Os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE) e comprimento da espiga (CE) foram interpretados por meio dos efeitos principais.

Em relação à AP, maior magnitude foi para a safra agrícola 2010 / 2011, destacando-se os híbridos

DKB 240 e DKB 250 (Tabela 1). A desfolha dos níveis DT e FAES revela menores APs. O decréscimo da área foliar e o desajuste morfológico do dossel causado pela desfolha acarretam problemas ao processo fotossintético, gerando carência de assimilados e desregulamento das auxinas, influenciando na estatura das plantas (Taiz & Zeiger, 2004).

A AIE revela que DKB 250 é superior aos demais híbridos estudados, não havendo diferenças entre as duas safras nem para os níveis de desfolha (Tabela 1). A ausência de respostas significativas para AIE, principalmente nos níveis de desfolha dos estádios reprodutivos, pode ser decorrente do fato de que, atualmente, os programas de melhoramento buscam desenvolver cultivares mais compactas, permitindo, dessa forma, que o centro de gravidade da planta ficasse mais equilibrado, reduzindo o acamamento e facilitando a colheita mecânica (Sangoi et al., 2001). Da mesma forma, Duvick (2005), analisando uma série temporal de 1930 a 2001, constatou uma tendência de redução da AIE de aproximadamente três cm por década.

Com relação ao CE, a safra agrícola 2011 / 2012 revela que, em média, as espigas foram superiores em comprimento às da safra 2010 / 2011. Para comparação dos híbridos, o P30F53 é o que possui espigas com maior comprimento em relação aos DKB 240 e 250 (Tabela 1). Observam-se efeitos negativos, com redução do CE, quando a desfolha foi realizada nos níveis DT, FAP, FACES, FAES e FAP + AES. Toda a remoção de área foliar realizada após florescimento resulta em redução do CE, conforme constatado. Entretanto, a remoção de área foliar nos estádios vegetativos de V5 a V8 não causa danos ao caráter.

A definição do CE depende das taxas fotossintéticas das plantas, ou seja, os fotoassimilados são mobilizados à formação de estruturas com maiores proporções. Dessa forma, a redução do número de folhas

da planta reduz a fonte, que acaba comprometendo o dreno (espiga), destacando que esse estresse interfere na relação fonte-dreno (Gondim, 2006). De acordo com Hallauer et al. (2010), o número de espigas é determinado por uma combinação de fatores genéticos e ambientais que compreende uma janela de seis semanas que antecedem o florescimento. Ao contrário, o caráter comprimento da espiga é influenciado por condições ambientais que ocorrem depois do florescimento. Dessa

forma, a desfolha acarreta maior influência no caráter quando realizada após o florescimento.

A ME é reduzida nos três híbridos quando realizada a desfolha, sendo que os efeitos são mais pronunciados para os níveis DT, FAP, FACES, FAES e FAP + AES, pressupondo que ocorrem decréscimos, principalmente quando realizados pós florescimento dos híbridos, conforme constatado em ambas as safras agrícolas (Tabela 2). O híbrido P30F53 mostra-se superior

TABELA 1. Resultados médios para as alturas de planta (AP em centímetro) e da inserção de espiga (AIE em centímetro) e para comprimento da espiga (CE em centímetro) para safras agrícolas, híbridos e níveis de desfolhamento. Frederico Westphalen, RS. 2014.

| Safras Agrícolas ¹ | AP | AIE | CE |
|--------------------------------|---------|--------|---------|
| 2010 / 2011 | 2,12 A | 0,96 A | 14,51 B |
| 2011 / 2012 | 1,96 B | 1,02 A | 16,68 A |
| Híbridos | | | |
| DKB 240 | 2,06 A | 0,95 B | 15,44 B |
| P30F53H | 2,00 B | 0,92 B | 16,00 A |
| DKB 250 | 2,06 A | 1,11 A | 15,32 B |
| Níveis de Desfolhamento | | | |
| SD** | 2,08 A | 1,08 A | 17,13 A |
| DV5 | 2,05 AB | 1,13 A | 16,81 A |
| DV6 | 2,08 A | 1,01 A | 17,15 A |
| DV7 | 2,04 AB | 0,99 A | 16,73 A |
| DV8 | 2,06 AB | 0,95 A | 17,29 A |
| DT | 1,97 B | 0,92 A | 14,44 B |
| FAP | 2,03 AB | 0,91 A | 13,12 C |
| FACES | 2,09 A | 0,92 A | 14,53 B |
| FAES | 1,99 B | 0,92 A | 14,46 B |
| FAP + AES | 2,01 AB | 1,09 A | 14,29 B |
| CV (%) | 5,82 | 35,81 | 9,70 |

¹Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente com 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey. **SD: sem desfolha; DV5: desfolha no estágio V5; DV6: desfolha no estágio V6; DV7: desfolha no estágio V7; DV8: desfolha no estágio V8; DT: desfolha total; FAP: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão; FACES: desfolha deixando apenas uma folha acima da espiga; FAES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo da espiga; FAP + AES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão e da espiga.

aos DKB 240 e 250 em todos os níveis, exceto para a desfolha em V8. Conforme Fancelli & Dourado Neto (2001), a remoção de cinco folhas superiores de plantas de milho próximas ao florescimento afeta significativamente a produtividade de grãos decorrente da redução da massa de espiga e do comprimento da espiga.

Em relação ao caráter MGE, a safra agrícola 2011 / 2012 é superior para todos os níveis de desfolha à safra 2010 / 2011 (Tabela 3). Os resultados podem estar vinculados às diferenças dos elementos do ambiente entre os dois anos. Entretanto, os níveis de desfolha afetaram negativamente a MGE, sendo que, após o florescimento, houve maior redução na MGE. Os resultados estão bem claros para a safra 2011 / 2012, em que as reduções em relação a maior / menor ME chegam a 56%, proporções que comprometem a produtividade final do híbrido. Segundo Pereira et al. (2012), o

estresse pela desfolha pode trazer problemas na formação, redução do número de grãos e, por consequência, da massa de espigas. O mesmo autor ainda argumenta que a desfolha até o estágio V7 não interfere no rendimento final da cultura, devido à capacidade de recuperação das estruturas fotossinteticamente ativas e à eficácia dessas na produção de fotoassimilados. Sangoi et al. (2001) relatam que o desfolhamento artificial no período vegetativo da cultura interfere no tempo que a cultura permanece nesse sub-período, de modo que alterações nesse estágio podem influenciar o rendimento de híbridos de milho.

Com relação ao DE, magnitudes superiores desse caráter propiciam indiretamente o aumento na profundidade e na massa de grãos na espiga (Fancelli & Dourado-Neto, 1999). Ao relacionar os níveis de desfolha na safra agrícola 2010 / 2011, observa-se redução

TABELA 2. Médias para o caráter massa da espiga (ME em gramas) para interação, híbridos x níveis de desfolha e safras agrícolas x níveis de desfolhamento, Frederico Westphalen, RS, 2014.

| Desfolha ¹ | Híbridos | | | Safra Agrícola | |
|-----------------------|------------|------------|-------------|----------------|-------------|
| | DKB 240 | P30F53H | DKB 250 | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 |
| SD* | 178,20 Ab | 242,68 Aa | 185,27 Ab | 171,89 Ab | 232,20 Aa |
| DV5 | 187,59 Aab | 235,35 ABa | 177,45 Ab | 170,28 Ab | 229,98 Aa |
| DV6 | 182,92 Aa | 187,27 Ba | 171,00 Aa | 171,31 Aa | 189,49 Ba |
| DV7 | 178,76 Ab | 237,37 ABa | 141,90 ABCc | 167,34 Aa | 204,68 ABa |
| DV8 | 188,44 Aa | 168,73 ABb | 168,73 ABb | 179,67 Ab | 223,73 ABa |
| DT | 115,02 Bb | 156,68 Ca | 95,18 Cb | 174,60 Aa | 69,99 Cb |
| FAP | 78,21 Ba | 63,54 Da | 95,34 Ca | 79,65 Ca | 80,29 Ca |
| FACES | 94,71 Ba | 116,49 CDa | 104,70 Ca | 127,31 Ba | 83,28 Cb |
| FAES | 93,68 Ba | 128,60 Ca | 121,49 BCa | 127,56 Ba | 101,62 Ca |
| FAP + AES | 106,03 Ba | 115,46 CDa | 112,60 Ca | 128,41 Ba | 94,31 Ca |
| CV (%) | 29,44 | | | 27,53 | |

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. *SD: sem desfolha; DV5: desfolha no estágio V5; DV6: desfolha no estágio V6; DV7: desfolha no estágio V7; DV8: desfolha no estágio V8; DT: desfolha total; FAP: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão; FACES: desfolha deixando apenas uma folha acima da espiga; FAES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo da espiga; FAP + AES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão e da espiga.

do diâmetro da espiga, devido à remoção de área foliar (FAP) (Tabela 3). Segundo Alvim et al. (2011), a retirada das folhas do terço superior da planta em estádios reprodutivos reduz as atividades fisiológicas relacionadas ao processo fotossintético, com decréscimos no acúmulo de carboidratos das estruturas morfológicas e reprodutivas da planta, característica que pode comprometer o rendimento de grãos, principalmente na ocorrência de estresses abióticos. A safra agrícola 2011 / 2012 evidencia respostas similares para os níveis de desfolhamento DT, FAP, FACES, FAES e FAP + AES; esses níveis de desfolha proporcionaram reduções consideráveis no diâmetro da espiga.

O NFE é expresso aos pares; devido aos arranjos estatísticos, pode revelar magnitudes ímpares

(Tabela 3). Na safra agrícola 2010 / 2011, todos os níveis de desfolhamento são similares, pois, segundo Alvim et al. (2011), o não a respostas significativas para o desfolhamento após a emissão da inflorescência masculina é decorrente do caráter NFE ser definido no período vegetativo da cultura, quando as plantas possuem de oito a 12 folhas completamente expandidas. Para a safra agrícola 2011 / 2012, são observados efeitos negativos para o NFE nos níveis de desfolha DT, FAP e FACES. Segundo Vargas (2010), a desfolha, além de proporcionar deficiência como fonte de fotoassimilados, faz com que os estigmas fiquem expostos após a desfolha, ocorrendo intensa desidratação dessas estruturas reprodutivas, o que compromete a germinação dos grãos de pólen, que, por sua vez, pode influenciar o NFE.

TABELA 3. Médias para as variáveis massa de grãos por espiga (MGE em gramas), diâmetro da espiga (DE em milímetros) e número de fileiras (NFE em unidades) por espiga para interação safras agrícolas x níveis de desfolhamento, Frederico Westphalen, RS, 2014.

| Safra | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Desfolha ¹ | MGE | | DE | | NFE | |
| SD* | 145,68 Ab | 442,18 ABa | 43,62 ABa | 47,07 Aa | 15,55 Aa | 14,96 ABa |
| DV5 | 140,22 ABb | 495,67 Aa | 43,37 ABb | 47,77 Aa | 15,85 Aa | 15,77 Aa |
| DV6 | 140,09 ABb | 404,98 Ba | 43,61 ABa | 45,27 Aa | 15,48 Aa | 15,18 Aa |
| DV7 | 141,02 Ab | 450,36 Aa | 42,29 ABa | 45,79 Aa | 15,55 Aa | 15,11 Aa |
| DV8 | 149,86 Ab | 454,01 Aa | 44,37 Aa | 47,15 Aa | 15,11 Aa | 15,40 Aa |
| DT | 130,89 ABb | 241,59 Ca | 43,23 ABa | 36,66 Bb | 15,70 Aa | 14,00 BCb |
| FAP | 67,59 Bb | 211,00 Ca | 37,46 Ca | 36,81 Ba | 15,11 Aa | 13,42 Cb |
| FACES | 106,89 ABb | 181,95 Ca | 40,43 BCa | 39,98 Ba | 15,55 Aa | 13,92 BCb |
| FAES | 119,53 ABb | 230,29 Ca | 40,00 BCa | 39,49 Ba | 15,62 Aa | 14,14 ABCb |
| FAP + AES | 112,22 ABb | 205,63 Ca | 40,99 ABCa | 39,56 Ba | 15,62 Aa | 14,29 ABCa |
| CV (%) | 34,16 | | 9,72 | | 9,91 | |

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. *SD: sem desfolha; DV5: desfolha no estágio V5; DV6: desfolha no estágio V6; DV7: desfolha no estágio V7; DV8: desfolha no estágio V8; DT: desfolha total; FAP: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão; FACES: desfolha deixando apenas uma folha acima da espiga; FAES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo da espiga; FAP + AES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão e da espiga.

Quanto à MMG, ao se comparar entre safras, observa-se que os híbridos apresentam maior índice na safra 2010 / 2011 para os níveis de desfolha DT, FACES, FAES e FAP + AES (Tabela 4). Para comparação dos híbridos, o P30F53 é superior ou igual aos híbridos DKB 240 e 250 para os níveis de desfolha. Segundo Marchão et al. (2005), divergências desse caráter entre híbridos justificam-se devido ao tipo, à massa e às características de grãos para cada híbrido. Com relação aos níveis de desfolha x híbridos, destaca-se que, para todos os híbridos, a desfolha após o florescimento foi mais impactante para redução da MMG. Resultados apontam redução da MMG devido, principalmente, ao desfolhamento em estádios reprodutivos, com retirada das folhas acima da espiga (Brito et al., 2011). Para o DKB 240, as reduções

mais acentuadas estão nos níveis FAP, FACES, FAES e FAP + AES. Resultados semelhantes são observados para DKB 250. O híbrido P30F53 tem reduções significativas para a desfolha em V6, em DT, em FACES e em FAES. A desfolha causa modificações na relação fonte-dreno, proporcionando a formação de grãos leves e pequenos, consequentemente com menor MMG (Fancelli & Dourado-Neto, 2001).

Com relação ao NFE, ao MMG e ao DE, o híbrido P30F53 revela maiores índices comparativamente aos híbridos DKB240 e DKB 250, independente do ano de cultivo. Analisando o comportamento entre as safras agrícolas de cada híbrido independentemente, a safra 2010 / 2011 possivelmente apresentou melhores condições para expressão de um maior potencial dos híbridos.

TABELA 4. Médias para a variável massa de 1000 grãos (MMG em gramas) para interação, híbridos x níveis de desfolhamento e safra agrícolas x níveis de desfolha, Frederico Westphalen, RS, 2014.

| Desfolha ¹ | Híbridos | | | Safras Agrícolas | |
|-----------------------|------------|------------|-------------|------------------|-------------|
| | DKB 240 | P30F53H | DKB 250 | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 |
| SD* | 227,72 ABb | 288,81 ABa | 271,13 Aab | 264,28 ABa | 260,82 Aa |
| DV5 | 257,25 ABa | 292,57 ABa | 256,40 Aa | 266,86 ABa | 270,62 Aa |
| DV6 | 245,57 ABa | 238,29 Ba | 258,08 Aa | 266,97 ABa | 227,65 ABa |
| DV7 | 252,03 ABa | 287,48 ABa | 247,02 ABa | 275,05 ABa | 249,30 Aa |
| DV8 | 268,98 Aa | 289,01 ABa | 262,39 Aa | 284,42 Aa | 262,49 Aa |
| DT | 244,55 ABa | 238,14 Ba | 224,56 ABCa | 271,23 ABa | 200,28 BCb |
| FAP | 164,40 Cb | 306,86 Aa | 191,09 Cb | 230,61 Ba | 202,39 Ba |
| FACES | 164,25 Cb | 244,30 Ba | 186,13 Cb | 241,78 ABa | 154,67 Cb |
| FAES | 167,39 Cb | 245,61 Ba | 198,27 BCab | 230,64 Ba | 176,87 Cb |
| FAP + AES | 196,85 BCb | 263,78 ABa | 200,54 BCb | 258,10 ABa | 182,69 BCb |
| CV (%) | 20,306 | | | 20,580 | |

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. *SD: sem desfolha; DV5: desfolha no estádio V5; DV6: desfolha no estádio V6; DV7: desfolha no estádio V7; DV8: desfolha no estádio V8; DT: desfolha total; FAP: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão; FACES: desfolha deixando apenas uma folha acima da espiga; FAES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo da espiga; FAP + AES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão e da espiga.

O NGF para a safra 2010 / 2011 revela que não ocorrem efeitos significativos para DKB 240 em razão dos diferentes níveis de desfolha. Por outro lado, são observados decréscimos consideráveis para P30F53H e para DKB 250, com a desfolha do nível FAP (Tabela 6). Os híbridos DKB 240 e DKB 250 na safra 2011 / 2012 demonstram resultados similares, revelando redução do NGF, em pós-florescimento, com remoção DT e FAP. O híbrido P30F53H apresenta reduções significativas quando a desfolha ocorre pós-florescimento, com remoção FAP, FACES, FAES e FAP + AES.

Houve similaridade para o caráter NGF na safra 2010 / 2011 entre os híbridos, destacando que P30F53H e DKB 250 reduziram o NGF com a desfolha DV8 e FAP. Para safra agrícola 2011 / 2012, o híbrido P30F53H revela reduções significativas pelo desfolhamento FACES e FAES. O híbrido DKB 240 apresentou, em ambas as safras, resultados médios iguais ou superiores aos demais híbridos.

O híbrido DKB 240 possui comportamento similar entre safras, apresentando NGF inferior na safra 2010 / 2011 para desfolha de FAP + AES. O híbrido P30F53H, na safra agrícola 2010 / 2011, revela menores NGFs aos níveis SD e DV5. Em 2011 / 2012, os menores resultados médios são observados pela desfolha

em FAP e em FACES. O híbrido DKB 250 possui diferenças entre safras apenas para desfolha em DV8, com média inferior para safra agrícola 2010 / 2011.

Segundo Fancelli & Dourado Neto (2001), o número de grãos por fileira é determinado precocemente no período de diferenciação da espiga. Além disso, híbridos que diferenciam maior número de grãos por espiga o fazem em decorrência do menor abortamento de flores. Os mesmos autores correlacionam com a partição de fotoassimilados pela planta, sendo que híbridos com maior abortamento de flores são os que revelam partição menos eficiente. Da mesma forma, a seleção de genótipos com maior capacidade de diferenciar e manter as flores pode contribuir para que os grãos posteriormente tenham maior habilidade em atrair carboidratos. Visto esse fato, a desfolha pode ocasionar um desequilíbrio hormonal na planta, de forma que a participação entre as estruturas pode redirecionar carboidratos a outras partes, reduzindo sua translocação para a formação dos grãos, visto que o milho pode apresentar dominância apical em condições de estresse.

Para o caráter PG na safra agrícola 2010 / 2011, destaca-se o híbrido DKB 240, que evidenciou superioridade em desfolhas realizadas em DV8 frente aos demais níveis de desfolhamento (Tabela 6). Esses

TABELA 5. Médias das variáveis número de fileiras (NFE em unidades), massa de 1000 grãos (MMG em gramas) e diâmetro da espiga (DE em milímetros) para três híbridos em duas safras agrícolas. Frederico Westphalen, RS, 2014.

| Híbridos ¹ | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 | 2010 / 2011 | 2011 / 2012 | DE |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| | NFE | | MMG | | |
| DKB 240 | 14,02 Ca | 13,73 Ba | 232,56 Ba | 205,24 Bb | 40,41 B |
| P30F53H | 17,20 Aa | 15,26 Ab | 283,19 Aa | 254,99 Ab | 45,55 A |
| DKB 250 | 15,33 Ba | 14,93 Aa | 263,01 Aa | 196,10 Bb | 40,78 B |
| CV (%) | 7,34 | | 21,34 | | 10,19 |

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Médias para o caráter, para número de grãos por fileiras na espiga (NGF em unidades) e para produtividade de grãos (PG em kg ha⁻¹) para interação safras agrícolas x híbridos x níveis de desfolha, Frederico Westphalen, RS, 2014.

| Níveis de desfolhamento ¹ | 2010 / 2011 | | | 2011 / 2012 | | |
|--------------------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | DKB 240 | P30F53H | DKB 250 | DKB 240 | P30F53H | DKB 250 |
| SD* | 36,88 Aaα | 31,00 Aaβ | 37,11 Aaα | 41,55 ABaα | 43,11 Aaα | 42,22 Aaα |
| DV5 | 38,11 Aaα | 31,11 Aaβ | 36,11 ABaα | 43,44 Aaα | 40,11 Aaα | 40,22 ABaα |
| DV6 | 38,66 Aaα | 31,44 Aaα | 33,44 ABaα | 40,66 ABaα | 37,22 Aaα | 40,66 ABaα |
| DV7 | 37,00 Aaα | 33,55 Aaα | 33,33 ABaα | 43,55 Aaα | 39,44 Aaα | 39,22 ABaα |
| DV8 | 40,66 Aaα | 34,11 Aaba | 32,22 ABbβ | 43,00 Aaα | 40,55 Aaα | 41,11 ABaα |
| DT | 36,00 Aaα | 34,22 Aaα | 36,88 ABaα | 31,00 Caα | 33,22 ABCaα | 29,44 Caα |
| FAP | 33,44 Aaα | 22,44 Bba | 28,77 Bbaα | 38,44 BCaα | 16,44 Dbβ | 32,55 Caα |
| FACES | 36,22 Aaα | 32,33 Aaα | 31,77 ABaα | 40,77 ABaα | 21,73 CDbβ | 34,33 ABCaα |
| FAES | 35,55 Aaα | 31,11 Aaα | 35,11 ABaα | 35,40 BCaα | 27,33 Caα | 33,77 BCaα |
| FAP + AES | 34,33 Aaβ | 29,33 ABaα | 35,00 ABaα | 41,11 ABaα | 27,77 BCba | 33,55 BCba |
| CV (%) | 14,43 | | | | | |
| Níveis de desfolhamento | Produtividade | | | | | |
| | DKB 240 | P30F53H | DKB 250 | DKB 240 | P30F53H | DKB 250 |
| SD | 3593,83 Bdβ | 1852,07 Ecβ | 4395,31 Aaβ | 9705,90 Aaα | 8658,99 Dbα | 9390,23 Aaα |
| DV5 | 5429,70 Baβ | 3407,83 Bbβ | 3162,29 Cbβ | 9819,20 Aaα | 8614,69 Bca | 9243,16 Abα |
| DV6 | 3787,63 Daβ | 3732,45 Abβ | 3400,04 BCaβ | 7462,88 Baα | 7381,01 Caα | 7668,84 Baα |
| DV7 | 4459,28 Caβ | 2202,14 DEbβ | 4471,54 Aaα | 9508,89 Aaα | 9382,98 Aaα | 7497,34 Bbβ |
| DV8 | 6179,54 Aaβ | 4685,69 Abβ | 3195,98 Ccβ | 7636,80 Bba | 7755,83 Cba | 9415,16 Aaα |
| DT | 2469,13 Eba | 4439,09 Aaα | 4560,24 Aaα | 2427,69 Dbα | 2378,12 Ebβ | 4546,79 Caα |
| FAP | 2382,34 Eba | 3448,68 Baα | 2359,44 Dbα | 1570,52 Cbβ | 1580,71 Dbβ | 2619,61 Eaα |
| FACES | 2598,55 Eba | 2526,33 DCbβ | 3215,18 Caα | 2271,96 Dbα | 3268,84 Daα | 2488,88 Ebβ |
| FAES | 2610,40 Ebβ | 2365,72 DCba | 3831,51 Baα | 3184,85 Caα | 2418,63 Eba | 2687,73 Ebβ |
| FAP + AES | 2367,08 Eba | 2697,54 Dbβ | 3292,44 Caα | 2581,61 Dbα | 3434,58 Daα | 3294,93 Daα |
| CV (%) | 6,13 | | | | | |

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para uma safra; Médias seguidas pela mesma letra grega na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para duas safras. *SD: sem desfolha; DV5: desfolha no estádio V5; DV6: desfolha no estádio V6; DV7: desfolha no estádio V7; DV8: desfolha no estádio V8; DT: desfolha total; FAP: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão; FACES: desfolha deixando apenas uma folha acima da espiga; FAES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo da espiga; FAP + AES: desfolha deixando apenas uma folha abaixo do pendão e da espiga.

resultados justificam-se devido ao desfolhamento prolongar o período vegetativo, a fim de recuperar danos causados às plantas, sendo que esse acréscimo no ciclo pode proporcionar a recuperação das plantas ao estresse sofrido (Sangoi et al., 2001). Segundo Sangoi et al. (2014), o desfolhamento causa distúrbios ao balanço fonte-dreno, com redistribuição dos assimilados armazenados no colmo da planta, esses remobilizados para as estruturas reprodutivas, proporcionando manutenção da demanda energética para o enchimento de grãos. Reduções significativas em relação ao PG são identificadas para a desfolha DT, FAP, FACES, FAES e FAP + AES, os estresses causados às fontes produtoras de fotoassimilados no período reprodutivo reduzem substancialmente a produtividade de grãos (Tollenaar & Dwyer, 1999), dado esse que corrobora com o trabalho. O híbrido P30F53H revela maior PG com plantas submetidas à DV8 e DT, menores produtividades são observadas em plantas SD para safra 2010 / 2011. Em relação ao híbrido DKB 250, o PG é superior nos níveis SD, DV7 e DT; menores magnitudes são reveladas para os níveis com FAP.

Ao comparar o desempenho do PG entre os híbridos na safra agrícola 2010 / 2011, o DKB 240 revela respostas superiores para a desfolha realizada em DV5, em DV7 e em DV8. Médias superiores são observadas para o híbrido P30F53H com DT e com FAP. Para o híbrido DKB 250, houve superioridade nos níveis SD, DV7, DT, FACES, FAES e FAP + AES. As heterogeneidades nos resultados obtidos frente aos níveis de desfolhamento justificam-se devido às características de cada híbrido, expansão e índice foliar, fatores conciliados com a alta eficiência fotossintética (Manfron et al., 2003).

O PG na safra agrícola 2011 / 2012 para o híbrido DKB 240 é superior para os níveis SD, DV5 e DV7. Para o híbrido P30F53H, observam-se maiores

rendimentos para desfolha em DV7. Fornariéri Filho (2007) relata que carboidratos metabolizados pelas plantas são carregados para os grãos na sua maioria produzidos no terço superior da planta. O híbrido DKB 250 apresenta maiores PG em SD, em DV5 e em DV8. Esse material sofre redução acentuada devido aos estresses ocorridos nos estádios reprodutivos.

O comportamento entre híbridos apresenta-se diferenciado para safra agrícola 2011 / 2012. O híbrido DKB 240 mostra resultados superiores para o PG em SD, em DV5, em DV7 e em FAES. O P30F53H apresenta melhores resultados para os níveis FACES e FAP + AES, o desempenho do híbrido DKB 250 frente aos níveis de desfolha revela magnitudes superiores para SD, para DV8, para DT, para FAP e para FAP + AES. Ao analisar o PG entre safras agrícolas, a 2011 / 2012 é superior nos níveis SD, DV5, DV6 e DV8 para todos os híbridos. O desempenho do nível DV7 proporciona maiores PGs para safra agrícola 2010 / 2011; em DT, observam-se efeitos negativos para a safra agrícola 2011 / 2012 com redução desse caráter para o híbrido P30F53H.

Desfolhas de FAP expressam reduções ao PG na safra agrícola 2011 / 2012 para os híbridos DKB 240 e P30F53H, a desfolha FACES revela reduções no caráter para a safra 2010 / 2011 com o híbrido P30F53H. Em mesmo nível de desfolha, a safra agrícola 2011 / 2012 evidencia menores magnitudes para DKB 250. A desfolha FAES reduz o PG para DKB 240 na safra agrícola 2010 / 2011, similarmente ao híbrido DKB 250 na safra agrícola 2011 / 2012. Em desfolhas de FAP, apenas o híbrido P30F53H demonstra redução na safra agrícola 2010 / 2011. A perda de área foliar fisiologicamente ativa acima da espiga em milho reduz consideravelmente a produtividade, afeta a densidade do sabugo e compromete a integridade do colmo e das raízes, tornando a planta suscetível ao acamamento (Alvim et al.,

2011). Os resultados revelam a influência do ambiente sobre o desempenho dos híbridos na morfologia, na fisiologia e na resposta produtiva, principalmente quando esses são submetidos a diferentes níveis de estresse, como a desfolha.

Conclusões

A desfolha artificial na cultura do milho em estádios reprodutivos causa reduções nos caracteres, comprimento de espiga, massa de espiga, massa de grãos por espiga e diâmetro da espiga nas cultivares híbridas utilizadas.

A desfolha artificial ocasionada após o florescimento reduziu nas proporções de 84%, 73% e 82% a produtividade de grãos das cultivares híbridas DKB240, DKB250 e P30F53H na safra 2011 / 2012, evidenciando que danos à estrutura da planta em estádios reprodutivos acarretam proporções de altas perdas em produtividade de grãos para as principais cultivares híbridas empregadas por muitos produtores do cenário brasileiro.

Referências

- ALVIM, K. R. T.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. G. Redução da área foliar em plantas de milho na fase reprodutiva. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 4, p. 413-418, 2011.
- BRITO, C. H.; SILVEIRA, D. L.; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. G. Redução de área foliar em milho em região tropical no Brasil e os efeitos em caracteres agrônômicos. **Interciência**, Caracas, v. 36, p. 291-295, 2011.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.
- DUVICK, D. N.. The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays* L.). **Advances in Agronomy**. New York, v. 86, p. 83-145, 2005..
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**, Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1999. 360 p.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Milho: Tecnologia e Produtividade**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. 259 p.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.
- GONDIM, T. C. O. **Efeito de desfolha nas características agrônômicas e na qualidade fisiológica de sementes de trigo**. 2006. 71 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- HALLAUER, A. R.; CARENA, J. M.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. New York: Springer, 2010. 500 p.
- KARAM, D.; PEREIRA FILHO, I. A.; MAGALHÃES, P. C.; PAES, M. C. D.; SILVA, J. A. A.; GAMA, J. C. M. Resposta de plantas de milho à simulação de danos mecânicos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, p. 201-211, 2010.
- LIMA, T. G.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, J. L. A. R.; BRITO, A. H.; PINHO, E. V. R. V. Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 563-570, 2010.
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de

- híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2007.
- MANFRON, P. A.; DOURADO-NETO, D.; PEREIRA, A. R.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; PILAU, F. G. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 333-342, 2003.
- MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P. D.; LABONIA, V. D. D. S.; DOURADO NETO, D.; CICERO, S. M. Comparação de métodos para estimativa de área foliar em plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 233-246, 2009.
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Análise dialética na avaliação do potencial de híbridos de milho para geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, 2013.
- PEREIRA, M. J. R.; BONAN, E. C. B.; GARCIA, A.; LIMA VASCONCELOS, R.; SANTOS GÍACOMO, K.; LIMA, M. F. Características morfoagronômicas do milho submetido a diferentes níveis de desfolha manual. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p. 200-205, 2012.
- SANGOI, L.; JUNIOR, G. J. P.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SCHMITT, A.; ZOLDAN, S. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 671-682, 2014.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; DA SILVA, P. R. F.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; VIERA, J.; SOUZA, C. A.; JUNIOR, G. J. P.; BIANCHET, P. Perfilhamento como característica mitigadora dos prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 11, p. 1605-1612, 2012.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.
- SAS INSTITUTE. **SAS 9.3 Output Delivery System: User's Guide**. Cary, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- THOMISON, P. R.; GEYER, A. B. Corn response to differential removal of leaves from the upper and lower canopy. **Crop Management**, Madison, v. 8, n. 1, 2009.
- TOLLENAAR, M.; DWYER, L.M. Physiology of maize. In: SMITH, D.L.; HAMEL, C. (Ed.) **Crop yield, physiology and processes**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. cap.5, p.169-201.