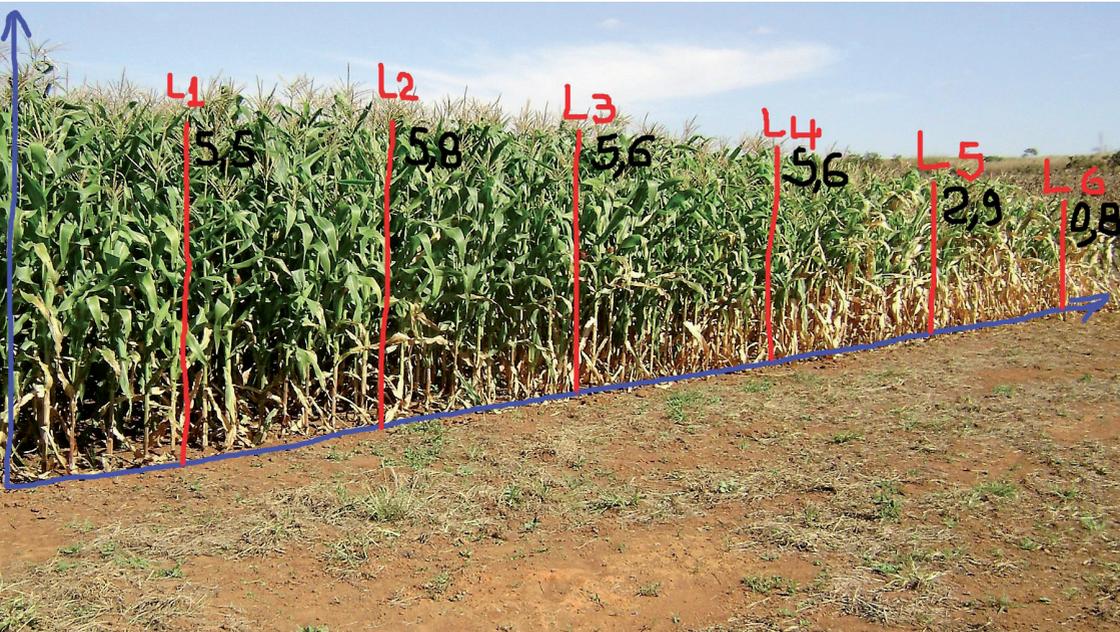


## Resposta de Cultivares de Milho ao Estresse Hídrico



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# **Documentos 207**

## **Resposta de Cultivares de Milho ao Estresse Hídrico**

Tales Antônio Amaral  
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade  
Vander Fillipe de Souza  
Jéssica de Sousa Paixão

Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Camilo de Lelis Teixeira de Andrade

**1ª edição**

**Versão Eletrônica (2016)**

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Milho e Sorgo**

---

Resposta de cultivares de milho ao estresse hídrico / Tales Antônio Amaral ... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

25 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 207).

1. *Zea mays*. 2. Deficiência hídrica. 3. Água. 4. Variedade. I. Amaral, Tales Antônio. II. Série.

---

CDD 633.15 (21. ed.)

© Embrapa 2016

# **Autores**

## **Tales Antônio Amaral**

Biologo, Dr. em Agronomia, Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial A do CNPq -  
tales\_aamaral@yahoo.com.br

## **Camilo de Lelis Teixeira de Andrade**

Pesquisador, PhD Eng. de Irrigação/Modelagem,  
Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, CEP  
35700-191, Sete Lagoas, MG, Brasil,  
camilo.andrade@embrapa.br

## **Vander Fillipe de Souza**

Eng.-Agrôn., Dr. em Bioengenharia  
vanderfsouza@gmail.com

## **Jéssica de Sousa Paixão**

Eng.-Agrôn., mestranda em Produção Vegetal  
pela Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro, UENF, jsousa.paixao@hotmail.com

# Apresentação

Um dos fatores que mais afetam a produtividade de milho é a má distribuição das chuvas. O uso da irrigação pode atenuar este efeito negativo. Entretanto, em razão de custos elevados para implementação e utilização e do potencial conflito pelo uso da água em algumas regiões, a irrigação plena, em larga escala, de lavouras de milho é vista com restrições. Uma alternativa é o uso da irrigação com déficit, que consiste em se aplicar lâminas de água sempre inferiores às requeridas pela cultura. Além da economia de água e energia, a irrigação com déficit tem também o potencial de prevenir a lixiviação de contaminantes. O estudo em questão demonstrou que alguns genótipos de milho são mais tolerantes ao estresse hídrico, decorrente do uso da irrigação com déficit. Uma diminuição de até 30% na lâmina de irrigação suplementar aplicada na cultura causou uma redução não significativa no rendimento de grãos de milho. Portanto, se devidamente manejado, o uso da irrigação suplementar, com déficit, pode favorecer o aumento da produtividade de milho.

*Antonio Alvaro Corsetti Purcino*

Chefe-Geral

Embrapa Milho e Sorgo

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	6
<b>Material e Métodos</b> .....	8
<b>Resultados e Discussão</b> .....	12
<b>Conclusões</b> .....	21
<b>Referências</b> .....	21

# Resposta de Cultivares de Milho ao Estresse Hídrico

---

*Tales Antônio Amaral<sup>1</sup>*

*Camilo de Lelis Teixeira de Andrade<sup>2</sup>*

*Vander Fillipe de Souza<sup>3</sup>*

*Jéssica de Sousa Paixão<sup>4</sup>*

## Introdução

As condições climáticas podem ser consideradas o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações de safra no Brasil. Diversas análises da produção agrícola apontam alta correlação entre variações de safras das principais culturas e as condições meteorológicas e climáticas. Em geral, as condições hídricas são as que mais afetam a produção das lavouras (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Em decorrência de estiagens, quando ocorre a redução dos totais pluviométricos para valores abaixo da média esperada (BUFFON; BINDA, 2013), observa-se grande variabilidade na produção agrícola da região Sudeste. Sendo sensível ao déficit hídrico, o milho é uma das culturas mais afetadas pela variabilidade no regime pluviométrico nessa região (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

O milho, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem experimentado avanços significativos nas mais diversas

áreas do conhecimento agrônômico. O entendimento e a compreensão das relações com o meio mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas, advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo (FANCELLI, 2003).

Genótipos com alguma tolerância ao déficit hídrico podem ser uma alternativa para adaptação a ambientes em que as condições meteorológicas não são ideais à cultura do milho. A tolerância à seca tem sido definida como a habilidade que as plantas têm de produzir sob condições de estresse de água, havendo, todavia, mecanismos que as tornam mais eficientes na produção (LEVITT, 1972).

Entre vários parâmetros da cultura, a sincronia de florescimento masculino e feminino (IFMF) é uma característica de fácil medição e está associada negativamente com a produção, sob condições de estresse (SANTOS et al., 2003). O milho é muito sensível à deficiência hídrica no estágio de florescimento, sendo que, nesse estágio, o déficit pode provocar um aumento no intervalo do florescimento masculino e feminino, provocando, assim, quedas na produção (EDMEADES et al., 2000). Segundo Magalhães et al. (2002), dois dias de estresse hídrico no florescimento podem diminuir o rendimento em mais de 20%, quatro a oito dias diminuem em mais de 50%.

A determinação de curvas de eficiência de uso de alguns fatores da produção agropecuária é facilitada com a aplicação de equações do tipo função da produção; para o fator água, funções de produção têm sido estabelecidas utilizando o sistema de irrigação *Line Source* (FARIAS, 2012). Essa é

uma metodologia que possibilita estabelecer estimativas de variáveis dependentes de produção, a partir de variáveis independentes, como a lâmina de água recebida pela cultura (HANKS et al., 1976). O sistema constitui-se de uma linha de aspersores estreitamente espaçados entre si, aplicando água em doses decrescentes na direção perpendicular à tubulação (HANKS et al., 1976; MENDONÇA et al., 1999).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de genótipos de milho cultivados sob diferentes níveis de estresse hídrico cumulativo, obtidos com a utilização de um sistema *Line Source*.

## Material e Métodos

### Caracterização da Área de Estudo

O ensaio foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, (latitude 19° 27' 17" S, longitude 44° 10' 19" W e altitude 731 m). O clima do local é classificado, segundo Köeppen (OMETTO, 1981), como Cwa, de savana, com inverno seco e temperatura do mês mais frio menor que 18 °C. A temperatura média anual nos últimos 60 anos é de 22,1 °C e a amplitude térmica de 5 °C. A precipitação pluvial média anual é de 1.300 mm, com a estação chuvosa bem definida, ocorrendo a precipitação máxima em dezembro (média de 290 mm) e a mínima em agosto (menos de 8 mm). O solo representativo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, distrófico, textura muito argilosa (PANOSO et al., 2002).

## Genótipos Avaliados

O estudo foi conduzido com quatro genótipos; o híbrido triplo AG5011 e duplo AG122, ambos de ciclo precoce, recomendados, tanto para grão, quanto para silagem de planta inteira, requerendo níveis de tecnologia considerados alto e médio, respectivamente (CRUZ et al., 2014); a variedade AL 30, desenvolvida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, do estado de São Paulo (CATI, 2014), que apresenta ciclo semiprecoce, e requer nível de tecnologia médio, sendo utilizada para grão e silagem de planta inteira; a variedade crioula Amarelão, requer baixa tecnologia, tem grãos de cor amarelada, excelente empalhamento, com aproximadamente dois metros de altura, resistente a doenças e bom potencial de produção de grãos e silagem.

Os genótipos escolhidos para este trabalho são largamente utilizados por agricultores familiares, tanto para grão como para silagem, daí a importância de estudos empregando tais materiais, visto que 46% do milho produzido no Brasil é proveniente destes pequenos estabelecimentos (IBGE, 2006).

## Detalhes do Manejo da Cultura

Os genótipos foram semeados em linhas dispostas transversalmente na lateral de irrigação. Cada parcela, contendo um mesmo genótipo, era composta por 15 fileiras com 18 metros de comprimento que, por sua vez, eram divididas em subparcelas de três metros de comprimento, locadas transversalmente na lateral de irrigação. Cada grupo de parcelas de quatro genótipos (Amarelão, AL30, AG5011 e AG122), e suas respectivas lâminas de irrigação (L1, L2, L3,

L4, L5 e L6), foi repetido quatro vezes, totalizando 16 parcelas principais e 96 subparcelas.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 26 de março de 2012, com as fileiras espaçadas de 0,80 m e uma população inicial média em torno 50 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , para os genótipos Amarelão e AL30, e de 60 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , para os genótipos AG5011 e AG122.

A adubação consistiu de 400  $\text{kg ha}^{-1}$  da fórmula 8-28-16+Zn (N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Zn), aplicados no sulco de semeadura no dia 25 de março de 2012 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), aplicados em cobertura na mesma data. As adubações em cobertura consistiram de 250  $\text{kg ha}^{-1}$  da fórmula 20-00-20 (N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ), aplicados aos 29 dias após semeadura (DAS) e 250  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, na forma de ureia, aos 46 DAS. Todos os tratamentos receberam os tratos culturais recomendados, como controle de plantas invasoras, de insetos e de doenças.

Até os 29 DAS, a cultura foi mantida sem estresse hídrico através da realização de irrigações suplementares com três laterais contendo aspersores espaçados de 12 por 18 metros. Dos 30 DAS em diante, estabeleceu-se o sistema *Line Source*, mantendo-se apenas a lateral central de irrigação. O manejo das irrigações foi realizado empregando-se uma planilha eletrônica (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2001), a qual era alimentada com dados de evaporação do Tanque Classe A, de lâmina de precipitação e de lâmina de irrigação média recebida pelas subparcelas adjacentes à linha de irrigação. Todas as irrigações realizadas tiveram suas lâminas medidas em cada uma das 96 subparcelas, às quais foram adicionadas lâminas de chuva

ocorridas no mesmo período. A colheita foi realizada em 23 de novembro de 2012.

## **Coleta de Dados**

Na colheita foram amostradas seis linhas centrais, com três metros de comprimento, iniciando-se na lateral central de irrigação, correspondentes às seis lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4, L5 e L6), com quatro repetições, totalizando 96 subparcelas. Nestas 96 subparcelas, avaliaram-se o rendimento de grãos, a produção de fitomassa seca da parte aérea e o índice de colheita (IC), obtido pela divisão do rendimento de grãos, expresso em massa seca, pela produção de fitomassa seca da parte aérea.

Duas plantas foram marcadas em cada subparcela, totalizando 192 plantas, para monitoramento da data da antese, que foi considerada quando 50% das plantas apresentavam espigas com 2 cm de estilo-estigma visíveis. Nas mesmas plantas, a data em que 50% das plantas apresentavam pendão soltando pólen em seu terço médio foi anotada. Ambas as datas foram convertidas em dias após a semeadura (DAS), que foi empregada para determinar o intervalo de florescimento masculino e feminino (IFMF), subtraindo-se a data da antese pela data do pendoamento.

Também nas 96 subparcelas, quando a palha da espiga tornou-se amarelada, iniciou-se a avaliação da maturidade fisiológica, que consistiu na observação do aparecimento da camada preta na base dos grãos. A data de maturidade fisiológica da cultura foi considerada quando 50% das sementes apresentavam a camada preta bem definida.

Análises estatísticas foram realizadas para lâmina de água aplicada (irrigação + precipitação), índice de colheita (IC), produtividade de grãos e fitomassa seca da parte aérea. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, como descrito em Hanks et al. (1980). Foram realizadas análises de variância e as médias sendo comparadas pelo teste Scott e Knott a 10% de probabilidade.

## **Resultados e Discussão**

As lâminas de água (chuva + irrigação) recebidas pelos genótipos são apresentadas na Tabela 1. As diferentes lâminas médias de água não se diferiram estatisticamente, o que indica que os genótipos foram submetidos aos mesmos níveis de estresse hídrico. Isso só foi possível com o rigoroso controle da aplicação de água, via irrigação por aspersão (HANKS et al., 1976).

Altos valores de IFMF foram observados para o genótipo Amarelão, mesmo quando este genótipo recebeu a maior lâmina de água, L1 (Tabela 2). Os menores valores de IFMF foram registrados para os híbridos AG5011 e AG122, quando submetidos às lâminas de água L5 e L6 (Tabela 2), o que está associado à maior tolerância ao estresse hídrico destes genótipos que, juntamente com o maior potencial genético, reflete em maiores produtividades.

**Tabela 1.** Comparação das lâminas de água (irrigação + precipitação) acumulada durante o ciclo de quatro genótipos de milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

Genótipo*	Lâmina água (irrigação + precipitação) (mm)					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Amarelão	948 a	941 a	839 a	654 a	425 a	375 a
AL 30	919 a	883 a	783 a	639 a	435 a	373 a
AG 5011	908 a	889 a	797 a	642 a	433 a	372 a
AG 122	949 a	911 a	826 a	667 a	431 a	374 a

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 10% de probabilidade.

**Tabela 2.** Intervalo de florescimento masculino e feminino (IFMF) e duração do ciclo de quatro genótipos de milho, submetidos à diferentes lâminas de água (irrigação + precipitação). Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

Lâmina de Água	Intervalo de Florescimento Masculino Feminino (IFMF)				Duração do Ciclo (DAS)			
	Amarelão	AL 30	AG 5011	AG 122	Amarelão	AL 30	AG 5011	AG 122
L1	8	3	1	0	175	177	173	177
L2	2	2	3	2	175	172	174	176
L3	4	2	1	4	172	178	175	173
L4	4	0	3	4	173	171	171	179
L5	4	3	1	2	177	169	173	174
L6	6	4	2	1	173	168	168	170

Vários trabalhos reportam o uso do IFMF para selecionar cultivares tolerantes ao déficit hídrico. Trabalho conduzido por Edmeades et al. (1989) mostra que a sincronia entre o florescimento masculino e feminino (IFMF) pode ser uma característica de fácil avaliação, e que está associada com perdas de produtividade em condições de estresse, como o déficit hídrico. A redução do IFMF é uma característica

secundária de valor adaptativo, que pode melhorar a eficiência na seleção de genótipos, sob condições de seca (SANTOS et al., 1996). Valor reduzido de IFMF tem como um dos fatores o maior potencial hídrico da planta durante o florescimento, enquanto baixo IFMF indica sincronismo no florescimento, que traduz uma adaptação a dado estresse e está associado a maiores rendimentos de grãos, sob condições adversas (DURÃES et al., 1997).

Quando se avaliou a maturidade fisiológica (MF) para determinação da duração do ciclo, notou-se uma diminuição da duração do ciclo de todos os genótipos para o tratamento que recebeu a menor lâmina de água, L6, em comparação com o de maior lâmina de água, L1 (Tabela 2). Com o genótipo Amarelão, a MF ocorreu aos 175 e 173 DAS, para as lâminas de água L1 e L6, respectivamente, indicando um encurtamento de apenas dois dias no ciclo, em decorrência do estresse hídrico severo. Para as mesmas condições de estresse, o genótipo AL30 foi o que apresentou o maior encurtamento no ciclo, que reduziu de 177 para 168 DAS. Para os genótipos AG5011 e AG122, a MF foi registrada aos 173 e 177 DAS, respectivamente, para a lâmina L1, e 168 e 170 DAS, para a lâmina L6, respectivamente; uma diferença de cinco dias, para o genótipo AG5011, e de sete dias, para AG122 (Tabela 2). Com o conhecimento da duração do ciclo e de seus períodos críticos, é possível planejar a implantação e o manejo das espécies, para diluir prejuízos por estresses climáticos, como o estresse hídrico, e racionalizar atividades de condução das lavouras (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

O índice de colheita (IC), que expressa síntese, translocação, partição e o acúmulo de produtos fotoassimilados (SILVA et al., 1999), foi afetado pelo estresse hídrico decorrente da aplicação

de lâminas de irrigação menores que a requerida pelos genótipos de milho (Tabela 3).

**Tabela 3.** Comparação de índices de colheita (IC), obtidos para diferentes lâminas de água (irrigação + precipitação), recebidas por quatro genótipos de milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

Lâmina de Água*	Índice de Colheita (IC)			
	Amarelão	AL 30	AG 5011	AG 122
L1	0,24 B a	0,42 A a	0,41 A a	0,43 A a
L2	0,25 C a	0,39 B a	0,44 A a	0,40 B a
L3	0,25 B a	0,39 A a	0,43 A a	0,42 A a
L4	0,22 C a	0,38 B a	0,43 A a	0,40 B a
L5	0,14 D b	0,22 C b	0,32 A b	0,28 B b
L6	0,03 D c	0,10 B c	0,18 A c	0,06 C c

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Não se verificou diferença significativa entre as médias de IC para as lâminas L1 a L4, independentemente do genótipo avaliado (Tabela 3). A variedade crioula Amarelão foi a que apresentou o menor IC, independentemente da lâmina, com valores que variaram de 0,25 a 0,03, o que mostra sua inferioridade, em relação aos demais genótipos, na capacidade de síntese e translocação de fotoassimilados aos grãos (Tabela 3). O híbrido AG5011 apresentou os maiores valores de IC para as lâminas L5 e L6, com cifras entre 0,32 e 0,18, respectivamente (Tabela 3), o que está associado ao seu maior desempenho em termos de rendimento de grãos, em comparação com a fitomassa seca da parte aérea (Tabelas 3, 4 e 5). Para Monteiro et al. (1998), o IC é uma medida da eficiência

do transporte de fotoassimilados para o grão. Teoricamente, o maior IC demonstra maior eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica.

Não houve diferença estatística significativa entre as médias de rendimento dos diferentes genótipos que receberam lâminas de L1 a L4 (Tabela 4).

**Tabela 4.** Comparação da produtividade de grãos, dentro de cada um dos quatro genótipos de milho submetidos a diferentes lâminas de água (irrigação + precipitação). Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

Lâmina de Água*	Produtividade de Grãos (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Amarelão	AL 30	AG 5011	AG 122
L1	1.876 B a	5.271 A a	5.647 A a	5.742 A a
L2	1.785 C a	5.775 B a	6.287 A a	5.415 B a
L3	1.885 B a	5.273 A a	5.761 A a	5.837 A a
L4	1.792 C a	5.242 B a	6.244 A a	5.511 B a
L5	778 C b	2.319 B b	3.774 A b	2.670 B b
L6	125 B b	581 B c	1.299 A c	618 B c

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Para o genótipo Amarelão, uma redução de 31% na lâmina de água aplicada (Tabela 5), que passou de 948 mm (L1) para 654 mm (L4), proporcionou um decréscimo de apenas 4,5% no rendimento, que passou de 1.876 para 1.792 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 5.** Redução da lâmina de água aplicada (irrigação + precipitação), em função da lâmina máxima de água aplicada (L1), para os genótipos Amarelão, AL 30, AG 5011 e AG 122. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

Lâmina de Água	Redução em relação à lâmina de água acumulada máxima aplicada (irrigação + precipitação) (%)			
	Amarelão	AL30	AG5011	AG122
L1	0	0	0	0
L2	1	4	2	4
L3	11	15	12	13
L4	31	30	29	30
L5	55	53	52	55
L6	60	59	59	61

Produtividades acima de 5.242 kg ha<sup>-1</sup> foram obtidas com os outros três genótipos, quando estes tiveram as lâminas de água reduzidas de L1 para L4, o que corresponde a um decréscimo em torno de 30% (Tabela 5). Para Tanguilig et al. (1987), mesmo com pequenas diminuições no potencial de água, causadas pela baixa taxa de transpiração, o milho pode manter sua turgidez, podendo ainda se ajustar osmoticamente ou alterar a relação hídrica de suas células, para que elas se mantenham turgidas, garantindo, assim, suas atividades fisiológicas. Para Serraj e Sinclair (2002), esse é um importante mecanismo de tolerância ao estresse hídrico. Entretanto, o ajuste osmótico não se traduz em ganho na produtividade das culturas, mas permite a continuação de seu desenvolvimento e crescimento quando em condições de estresse hídrico.

De uma forma geral, quando se comparou a maior lâmina de água, L1, com as menores, L5 e L6, observou-se que decréscimos maiores que 52% na lâmina de água causaram reduções significativas na produtividade de todos os genótipos

(Tabelas 4 e 5). Quando se aplicou a lâmina de água L1, produtividades de 1.876, 5.271, 5.647 e 5.742 kg ha<sup>-1</sup> foram registradas para os genótipos Amarelão, AL30, AG5011 e AG122, respectivamente. Já para a lâmina de água L5, as produtividades medidas foram 778, 2.319, 3.774 e 2.670 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto, para a lâmina L6, foram observadas produtividades de 125, 581, 1.299 e 618 kg ha<sup>-1</sup>, para os genótipos Amarelão, AL30, AG5011 e AG122, respectivamente (Tabela 4).

O milho é uma cultura muito exigente em água que, entretanto, pode ser cultivada em regiões onde a precipitação varia de 250 a 5.000 mm anuais. A quantidade de água consumida pela planta durante seu ciclo, em condição sem estresse hídrico, está em torno de 600 mm. A ocorrência de déficit hídrico pode ocasionar danos em todas as fases do milho (CRUZ et al., 2010). No estudo em questão, ficou evidente que quando se reduziu a lâmina de água média de 931 mm (L1) para 431 mm (L5) (Tabela 1) ocorreu uma redução de 59, 56, 33 e 54% no rendimento dos genótipos Amarelão, AL30, AG5011 e AG122, respectivamente. A redução da lâmina de água média de 931 mm (L1) para 374 mm (L6) (Tabela 1) proporcionou um decréscimo drástico de 93, 89, 77 e 89% no rendimento dos mesmos genótipos. Resultados semelhantes foram encontrados por Matos et al. (2012), que conduziram trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho de seis genótipos de milho 2B587, AG9010, DKB350YG, 2B710, BRS1040 e P30F35, cultivados sob diferentes níveis de estresse hídrico cumulativo, obtido com a utilização de um sistema *Line Source*. Neste estudo, os autores observaram que aplicações sucessivas de lâminas de irrigação, inferiores às requeridas pela cultura, causaram redução significativa na produtividade de grãos de milho, em todos os genótipos testados.

Quando se compararam estatisticamente o rendimento médio dos diferentes genótipos, observou-se que a variedade crioula Amarelão apresentou os menores valores para todas as lâminas de água (Tabela 4). Genótipos crioulos são menos produtivos que os comerciais (ARAÚJO; NASS, 2002), porém se constituem em importante fonte de variabilidade genética, que pode ser explorada na busca por genes tolerantes e/ou resistentes aos fatores bióticos e abióticos. Para as menores lâminas, L5 e L6, o híbrido triplo AG5011 apresentou o melhor desempenho, com valores de produtividade de 3.774 e 1.299 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a lâmina L6, os genótipos Amarelão, AL30 e AG122, com valores de produtividade de 125, 581 e 359 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, não se diferiram estatisticamente.

Não houve diferença estatística entre as médias de fitomassa seca da parte aérea da variedade Amarelão para as lâminas L1, L2, L3 e L4, que registrou valores médios de 7.444; 6.648; 6.776 e 7.468 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 6). As lâminas L5 e L6 proporcionaram os menores valores, diferindo estatisticamente das demais lâminas, mas não havendo diferença entre elas, cujos valores observados foram 5.089 e 4.165 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No caso dos genótipos AL30, AG5011 e AG122, os menores valores médios de fitomassa seca da parte aérea foram observados para a lâmina L6, correspondentes a 5.111; 6.451 e 5.621 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No tratamento L5, valores médios de fitomassa seca, de 9.714, 10.794 e 8.621 kg ha<sup>-1</sup>, foram registrados para os mesmos genótipos, respectivamente. Os maiores valores médios de fitomassa seca foram determinados para as lâminas L1 a L4, sendo que não se verificou diferença estatística entre as médias dos genótipos AL30, AG5011 e AG122, para essas lâminas (Tabela 6).

**Tabela 6.** Comparação da fitomassa seca da parte aérea, para os quatro genótipos, submetidos a diferentes lâminas de água (irrigação + precipitação). Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

Lâmina de Água*	Fitomassa Seca Total (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Amarelão	AL30	AG5011	AG122
L1	7.444 B a	12.057 A a	12.769 A a	12.949 A a
L2	6.648 B a	13.934 A a	13.403 A a	13.057 A a
L3	6.776 B a	12.536 A a	12.661 A a	13.498 A a
L4	7.468 B a	13.062 A a	13.695 A a	13.55 A a
L5	5.089 C b	9.714 B b	10.794 A b	8.688 B b
L6	4.165 B b	5.111 B c	6.451 A c	5.621 B c

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Quando comparada a fitomassa seca da parte aérea dos quatro genótipos, para cada lâmina, observou-se que a variedade Amarelão foi a que apresentou os menores valores, para as lâminas L1 a L5. Não houve diferença significativa entre as médias de fitomassa seca dos outros três genótipos para as lâminas L1 a L4. Entretanto, para as menores lâminas de água aplicadas, L5 e L6, o genótipo AG5011 apresentou os maiores valores de fitomassa seca da parte aérea, 10.794 e 6.451 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 6).

De modo geral, o genótipo AG5011 pode ser considerado mais tolerante ao déficit hídrico, em comparação com os demais. A cultivar crioula Amarelão quando comparada com os demais, foi a que apresentou a menor tolerância ao déficit hídrico.

## Conclusões

Entre os genótipos avaliados, o híbrido triplo AG5011 apresentou os maiores valores de produtividade de grãos, em condições de estresse hídrico severo, enquanto a cultivar crioula Amarelão, os menores.

Redução de até 30% na lâmina de água (chuva + irrigação) não causou decréscimo significativo no rendimento dos genótipos. Entretanto, um decréscimo na lâmina de água maior que 50% reduziu drasticamente a produtividade de todos os genótipos.

## Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. de L. T. de. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 589-593, 2002.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater-RS: Ascar, 2014.

BUFFON, E. M.; BINDA, A. L. Identificação e análise de eventos de estiagem no município de Abelardo Luz-SC (1960-1999). **Revista de Geografia**, Recife, v. 30, n. 2, p. 32-50, 2013.

CATI. **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, São Paulo, SP.** Campinas, 2014. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/new/produtosservicos.php?ID=11>>. Acesso em: 01 out. 2014.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; QUEIROZ, L. R. **Quatrocentas e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2013/14:** Tabela 2 - Características agrônômicas das cultivares de milho disponíveis no mercado na safra 2013/14. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; MATRANGOLO, W. J. R. Plantio. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1).

DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E.; MAGALHAES, P. C.; SANTOS, M. X. dos; PEREIRA, J. J.; LABORY, C. R. G. Utilização de marcadores moleculares no melhoramento genético de milho para tolerância a seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1996, Belém. **Resumos**. Belém: SBFV: Embrapa-CPATU, 1997. p. 81.

EDMEADES, G. O.; BOLANOS, J.; ELINGE, A.; RIBAUT, J. M.; BÄNZIGER, M.; WESTGATE, M. E. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: WESTGATE, M. E.; BOOTE, K. J. (Ed.). **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison: CSSA, 2000. p. 43-73. (CSSA Special Publication, 29).

EDMEADES, G. O.; BOLAÑOS, J.; LAFITTE, H. R.; RAJARAM, S.; PFEIFFER, W.; FISCHER, R. A. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. In: BAKER, F.W. G. (Ed.).

**Drought resistance in cereals.** Paris: ICSU, 1989. p. 27-52.

FANCELLI, A. L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento.** Piracicaba: ESALQ, 2003.

FARIAS, T. R. R. **Manejo de solo e água no desempenho agrônômico de genótipos de trigo no Brasil Central.** 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

HANKS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.

HANKS, R. J.; SISSON, D. V.; HURST, R. L.; HUBBARD, K. G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 886-888, 1980.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Rio de Janeiro, 2006. Acesso em: 23 ago. 2013.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses.** New York: Academic Press, 1972. 697 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 22).

MATOS, F. M. de; ANDRADE, C. de L. T. de; AMARAL, T. A.; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. de; RODRIGUES, C. C. F.; PAIXÃO, J. S. Produtividade do milho cultivado sob diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3244-3250.

MENDONÇA, F. C.; MEDEIROS, R. D.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1035-1044, 1999.

MONTEIRO, M. A. R.; DURÃES, F. O. M.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Índice de colheita: um forte conceito fisiológico de uso inadequado para seleção de cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Globalização e segurança alimentar**: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. 1 CD-ROM.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 400 p.

PANOSO, L. A. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo**: suas características e classificação no novo sistema brasileiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

SANTOS, M. X.; ANDRADE, C. de L. T. de; OLIVEIRA, A. C.; LEITE, C. E. P.; CARVALHO, H. W. L.; GOMES, E. E.; PACHECO, C. A. P.;

GUMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N. Comportamento de híbridos de milho selecionados e não selecionados para ASI sob estresse de água no florescimento e no enchimento de grãos.

**Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 71-81, 2003.

SANTOS, M. X.; GUIMARAES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; LOPES, M. A.; SILVA, A. E. Associação entre a redução do intervalo de florescimento masculino e feminino e a tolerância à seca em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 26.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 25, p. 333-341, 2002.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.

TANGUILIG, V. C.; YAMBAO, E. B.; O'TOOLE, J. C.; DE DATTA, S. K. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. **Plant and Soil**, The Hague, v. 103, n. 2, p. 155-168, 1987.

