

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERES
MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS EM
POPULAÇÕES DE MILHO**

Damião Inácio Clemente
Engenheiro Agrônomo

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Fevereiro de 2017

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS
DE TESES E
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Damião Inácio Clemente

Título do trabalho: Estresse Hídrico sobre Caracteres Morfofisiológicos e Agronômicos em Populações de Milho.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Data: 30 / 06 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERES
MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS EM
POPULAÇÕES DE MILHO**

Damião Inácio Clemente

Orientador: Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Paulino da Costa Netto

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – UFG Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Fevereiro de 2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Clemente, Damião Inácio
ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERES
MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS EM POPULAÇÕES DE MILHO
[manuscrito] / Damião Inácio Clemente. - 2017.
109 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis; co-orientador Dr.
Antônio Paulino da Costa Netto.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, Jataí, 2017.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, símbolos, gráfico, tabelas.

1. Zea mays L.. 2. Caracteres secundários . 3. deficit hídrico, . 4.
tolerância a seca. I. Reis, Edésio Fialho dos, orient. II. Título.

CDU 632



UFG
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE DAMIÃO INÁCIO CLEMENTE - Aos trinta dias do mês de março de dois mil e dezessete (30/03/2017), às 13:30 horas, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis - Orientador, Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção e Dr. Lauro José Moreira Guimarães, para sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada no auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Regional Jataí da UFG, procederem a avaliação da defesa de Dissertação intitulada: "**Estresse hídrico sobre caracteres morfofisiológicos e agronômicos em populações de milho**", em nível de Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, de autoria de **Damião Inácio Clemente**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás da Regional Jataí. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra a seguir foi concedida ao autor da Dissertação que, em 30 minutos procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1143/2013 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia e procedidas as sugestões de correções recomendadas, a dissertação foi **APROVADA** por unanimidade, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, na área de concentração em PRODUÇÃO VEGETAL pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega, na secretaria do PPGA, a versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. A Banca Examinadora recomenda a publicação de artigos científicos, oriundo dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, depois de procedidas as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades de pauta, às 17:30, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação e para constar lavrou-se a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis
Presidente – REJ/UFG

Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção
Membro Interno – REJ/UFG

Dr. Lauro José Moreira Guimarães
Membro Externo – EMBRAPA/CNPMS

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Damião Inácio Clemente, nascido em Paracatu, Minas Gerais. Graduado em Agronomia em agosto de 2014, pelo ILES/ULBRA – Campus Itumbiara. Iniciou o curso de Pós-graduação *stricto sensu* em nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, na UFG – Regional Jataí, em março de 2015.

“A cada gentileza e serviço, visto ou não visto, meus propósitos são realizados e nada mais será igual. Você não escolheu reinar sem nós. Obrigado por querer minha participação”.

William P. Young

A minha esposa Ana Paula, a minha filha Emilly Cristhine e aos meus pais Manoel Inácio e Maria, por toda luta e sacrifício vividos junto a mim nesta caminhada.

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a todos os espíritos de luz, que guiam meus passos e me protegem de todo mal, me concedendo mais esta conquista.

Aos meus pais Manoel Inácio e Maria Patrocínia por ter me formado homem, por ter me ensinado a virtude da honestidade e do respeito pelas pessoas e pela natureza das coisas.

A minha esposa Ana Paula Ap. da Silva e minha filha Emilly Cristhine Clemente que sempre estiveram ao meu lado, abrindo mão do convívio com a família e do conforto para caminharmos juntos em busca do meu sonho.

Aos meus irmãos Antônio J. Clemente, Neiremar Ap., Cícero Marcos, André Luiz e Daniele Inácio que sempre apoiaram meus objetivos e me ampararam em tudo que precisei nunca deixando que a distância e a dificuldade rompessem os laços de afeto, amor e respeito.

Ao meu orientador Professor Dr. Edésio Fialho dos Reis e aos professores Hildeu Ferreira da Assunção, Antônio Paulino da Costa Neto, João Batista Leite Júnior, Carla Gomes Machado e Danielle Fabíola Pereira da Silva por todo ensinamento e exemplo de dedicação e honestidade com a ciência.

Ao CNPq pelo aporte financeiro, através de bolsa de estudos.

Aos meus colegas de Pós-graduação, Cássio, Valéria, Vinícius e Maraiza pela parceria nos trabalhos e o apoio sempre que precisei.

Aos amigos que aqui formei e levarei comigo por toda a vida, Jefferson Naves, Jeeder Naves, Gilmar Amaral, Ederson Civardi e Cristiano por todos os ensinamentos, apoio, confiança e respeito.

Ao meu grande amigo Edivaldo Luiz Bizinoto pela amizade e por ter acreditado no meu potencial me proporcionando oportunidades, não medindo esforços nos seus ensinamentos, me aconselhando e me mostrando o melhor caminho em minhas decisões, por contribuir com meu amadurecimento profissional e pessoal.

A todos os professores e técnicos do PPGA-UFG que tiveram uma importante contribuição para minha formação.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	6
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Caracterização climática – Município de Jataí, Goiás.....	8
2.2 Importância Econômica.....	9
2.3 Características Morfofisiológicas.....	10
2.4 Ciclo Fenológico.....	13
2.5 Déficit hídrico no cultivo do milho	16
2.6 Melhoramento genético visando maior tolerância ao estresse hídrico....	20
2.7 Caracteres morfofisiológicos relacionados ao estresse hídrico	22
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERES AGRONÔMICOS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO EM POPULAÇÕES DE MILHO.	43
1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.1 Ambiente de condução do experimento	47
2.2 Genótipos.....	47
2.3 Estrutura e delineamento experimental.....	49
2.4 Épocas de plantio e dados climatológicos	49
2.5 Características avaliados	50
2.6 Análise de dados e modelo estatístico	52
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	54
4. CONCLUSÃO	71
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
CAPITULO 3	75
ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERES MORFOFISIOLÓGICOS EM POPULAÇÕES DE MILHO	75
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.1 Ambiente de condução do experimento	79
2.2 Genótipos.....	79
2.3 Estrutura e delineamento experimental.....	81
2.4 Caracteres avaliados	82
2.5 Análise de dados e modelo estatístico	84
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	85
4. CONCLUSÃO	105
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A demanda mundial por alimentos vem crescendo cada vez mais ao longo dos anos. Estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), indicam que para 2050 a demanda global pode sofrer um crescimento de 60% em relação ao ano de 2015. Isto, devido ao crescimento populacional que neste século estima-se chegar a 9,2 bilhões de pessoas (MUTEIA, 2015). Diante desta realidade as preocupações em torno do aumento na produção de alimentos se tornam ainda maiores em função dos adventos climáticos.

Para superar as dificuldades advindas do crescimento populacional e das estimativas traçadas acerca da demanda mundial por alimentos, as mudanças climáticas, ligadas à escassez de água, leva o setor agrícola buscar por adoção de novas tecnologias, além da otimização no uso dos recursos hídricos e seleção de cultivares mais eficiente no uso de água. Este cenário traz novos desafios aos programas de melhoramento de plantas para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a condições adversas (HAO et al., 2010).

Devido ao alto potencial de produção, sua ampla distribuição geográfica e sua alta variabilidade genética o milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que apresenta grande potencial adaptativo para estas condições, o que justifica o cereal ser o mais cultivado em todo o mundo. No Brasil, o milho é o principal cereal produzido, sendo cultivado em cerca de 15,96 milhões de hectares, com uma produtividade média de 5,2 toneladas ha^{-1} (CONAB, 2016). Ainda assim o milho apresenta grande sensibilidade a estresses abióticos, em especial o estresse hídrico, que é o principal fator responsável pelas perdas de produtividade da cultura ao longo dos anos.

O estresse hídrico afeta o milho de forma significativa em quase todas as suas fases de desenvolvimento, sendo mais enfático, durante a fase reprodutiva. O

déficit hídrico durante esse período poderá comprometer a fertilização dos ovulos, a produção de carboidratos e formação de grãos e ainda promover um menor acúmulo de matéria seca nos grãos e conseqüentemente redução na produção final.

O bom desempenho produtivo do milho, bem como sua estabilidade frente as oscilações climáticas durante os períodos de cultivo estão correlacionados a diversos fatores morfofisiológicos, que interagem entre si para expressar características de adaptabilidade e tolerância aos níveis de estresse. Contudo, pouco é conhecido sobre a interação entre estes mecanismos e as características agronômicas associadas à tolerância à seca.

As variedades locais e populações adaptadas a ambientes diversos são fontes potenciais de genes na busca por tolerância e ou eficiência em relação aos diversos níveis de estresses abióticos (MACHADO et al., 2011). Tais genótipos poderão contribuir para o desenvolvimento de cultivares mais eficientes quando cultivadas em condição de estresse. Por isso a exploração da diversidade genética existente na cultura do milho é uma alternativa valiosa para incrementar a novos genótipos a capacidade natural de responder às mudanças climáticas.

Neste sentido, a identificação e caracterização de descritores morfofisiológicos, assim como a elucidação de características agronômicas responsáveis pelo comportamento diferencial de genótipos sobre condições de estresse pode auxiliar na seleção de populações superiores, além de contribuir para o desenvolvimento de técnicas de seleção que poderão auxiliar na identificação de fontes genéticas de tolerância ao estresse hídrico.

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho estudar o efeito do estresse hídrico sobre a interação entre os caracteres morfofisiológicos e agronômicos em populações de milho (*Zea mays* L.) e identificar populações com maior potencial de uso em programas de melhoramento visando tolerância ao estresse hídrico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização climática – Município de Jataí, Goiás

O município de Jataí pertence à Mesorregião do Sul Goiano, localizado na Microrregião do Sudoeste de Goiás. Está situado próximo as coordenadas de latitude: 17° 52' 53"S e longitude: 51° 42' 52"W. A área total do município é de 7174,1 Km². A Serra do Caiapó, onde se localiza o município situa-se na divisa entre as bacias dos Rios Araguaia e Paranaíba (SILVA & ANDRADE, 2012).

O município de Jataí é caracterizado pela diversificação de atividades agropecuárias e agroindustriais, devido às condições edáficas e climáticas favoráveis. De acordo com o IBGE (2017), foram registrados, em 2015, 219 mil hectares cultivados com milho em duas safras, resultando uma produção de 1,59 milhões de toneladas, com média de produtividade de 7,27 toneladas ha⁻¹, assim como uma produção de 837,9 mil toneladas de soja obtida em 280 mil hectares.

O município de Jataí bem como a região Sudoeste do estado de Goiás apresenta-se duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa e outra seca. Segundo INMET (2015), no verão, a temperatura média é de 25°C, podendo variar entre 18° e 35°C. A temperatura média no inverno é de 20°C, podendo variar ente 10° e 27°C.

O clima da região segundo a classificação de Koopen é do tipo Aw, megatérmico, com estações bem definidas de seca (maio a setembro) e chuva (outubro a abril). Quanto às chuvas de verão a precipitação média (em milímetros) é de aproximadamente 240 mm mês⁻¹ (INMET, 2015). Os meses mais chuvosos são Novembro, Dezembro e Janeiro com somatório de aproximadamente 740 mm, o que corresponde a 46% da precipitação de todo o ano (SILVA & ANDRADE, 2012).

De acordo com Santos (2000), para um bom desenvolvimento agrícola é necessário conhecer o comportamento climático predominante na região de cultivo, onde as variações podem ser adequadas às necessidades do cultivo ou podem estar fora dos limites favoráveis, provocando conseqüentes perdas de rendimento

nas safras (FARIA, 2011). Por isso, a caracterização agrometeorológica da região e o planejamento agrícola são elementos fundamentais na obtenção de altos desempenhos produtivos.

2.2 Importância Econômica

O milho (*Zea mays* L.) representa um dos principais cereais em todo mundo, sendo cultivado em pequenas, médias e grandes propriedades (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Especificamente o milho é o cereal mais cultivado e consumido no Brasil (FAO, 2016). Algumas vantagens conferidas à cultura do milho justificam a sua ampla distribuição, tais como: composição e valor nutritivo, alta produção por unidade de trabalho e unidade de área, fonte de nutrição de fácil transporte, pequenas perdas de grãos causadas por pássaros e chuvas, período longo de colheita e permite o armazenamento (JONES, 1985).

Devido a sua grande diversidade de aplicações, a cultura do milho apresenta relevante importância social e econômica. Além da geração de empregos no setor primário, o milho é matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). É um alimento que se caracteriza por se destinar tanto para o consumo humano como para os animais. Na realidade, o uso do milho em grão para alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo (DUARTE et al., 2011).

Segundo a USDA (2017), a produção mundial de milho encontra-se, hoje, por volta de 1.011,07 bilhão de toneladas. Desse total, 36,25% provêm dos EUA, maior produtor, produzindo aproximadamente duas vezes mais que a China, segundo maior produtor, e aproximadamente 4,3 vezes mais que o Brasil, terceiro maior produtor. Esses três países contribuem com 66,68% da produção mundial. Os EUA também alcançam o mais alto índice de produtividade (10,670 t ha⁻¹), sendo esse, aproximadamente duas vezes maior que a do Brasil com 5,2 t ha⁻¹.

Na safra agrícola 2015/2016 a área total cultivada com milho no Brasil superou os 15,96 milhões de hectares apresentando uma produção média de 66,69 milhões de toneladas do grão, 20% inferior à safra anterior, correspondente ao ano agrícola 2014/2015. A ocorrência de estresse hídrico na segunda safra foi o principal fator para esta expressiva perda na produção do grão, apresentando uma redução

de aproximadamente 13,75 milhões de toneladas. Estes resultados são indicativos da forte interferência negativa do período de restrição hídrica, ocorrido durante a segunda safra deste ano agrícola. As estimativas máximas de produção para a safra 2016/17 são de 83,8 milhões de toneladas, produzidos em aproximadamente 15,8 milhões de hectares (CONAB, 2016).

O milho de segunda safra é, na sua maior parte, cultivado em área de soja (primeira safra), o que proporciona aumento de produção de grãos na mesma área. Na safra 2011/12, pela primeira vez, a produção de milho de segunda safra foi superior à de primeira safra (CONAB, 2014). Isto já era uma tendência na última década e, em virtude do aumento de área de segunda safra e um incremento de novas tecnologias, deve permanecer assim, consolidando-se como a principal safra agrícola do milho no país.

2.3 Características Morfofisiológicas

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae, espécie diplóide e alógama. É um dos vegetais superiores de importância econômica mais estudado no mundo, sendo o que possui a caracterização genética mais detalhada dentre as espécies cultivadas (BORÉM & GIÚDICE, 2004). Além disso, é uma gramínea anual pertencente ao grupo de plantas de metabolismo C4, com ampla adaptação a diferentes ambientes. O ciclo fotossintético C4 foi descoberto originalmente nas gramíneas tropicais e sabidamente ocorre em 18 famílias, tanto de monocotiledôneas quanto de dicotiledôneas, e é particularmente proeminente em Poaceae (milho, milheto, sorgo, cana-de-açúcar), Chenopodiaceae (*Atriplex* spp.) e Cyperaceae (muitos gêneros) (EDWARDS & WALKER, 1983). Em todos os casos, a atividade do metabolismo no ciclo C4, requer o esforço cooperativo dos dois tipos distintos de células contendo cloroplastos: células do mesófilo e da bainha do feixe vascular arranjadas na anatomia Kranz característica (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Suas morfologias características resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais afetando o controle morfológico no seu desenvolvimento. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação

foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que é esplendidamente “construída” para a produção de grãos. (MAGALHÃES et al., 2002).

O fruto do milho que é classificado botanicamente como tipo cariopse, apresenta três partes: pericarpo, endosperma e embrião. O pericarpo é uma camada fina e resistente, constituindo a parte mais externa da semente. O endosperma é a parte da semente que está envolvida pelo pericarpo e a que apresenta maior volume, sendo constituída por amido e outros carboidratos. A parte mais externa do endosperma e que está em contato com o pericarpo, denomina-se de camada de aleurona, a qual é rica em proteínas e enzimas, cujo papel no processo de germinação é determinante. O embrião, que se encontra ao lado do endosperma, possui primórdios de todos os órgãos da planta desenvolvida e a germinação da semente ocorre em 5 ou 6 dias quando as condições de temperatura e umidade forem favoráveis (BARROS & CALADO, 2014).

As raízes adventícias do milho surgem posteriormente e partem dos primeiros nós do colmo sendo importantes na sustentação física da planta (BELFIELD & BROWN, 2008). O colmo do milho, além de suportar as folhas e partes florais, serve também como órgão de reserva de fotoassimilados (GOMES et al., 2010). A redução da taxa fotossintética após o florescimento poderá ser causada por algum tipo de estresse abiótico ou biótico. Com isso, a integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de fotoassimilados por parte do colmo é de suma importância para o período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de “fonte”, promovendo a remobilização de carboidratos de reserva (FANCELLI, 2003).

As folhas do milho são consideradas “estreitas”, com o seu comprimento muito superior à largura. Geralmente, os órgãos masculinos aparecem antes dos femininos e a panícula, que contém as flores masculinas, pode atingir 50 a 60 cm de comprimento e ter coloração variável. Fatores estressantes tais como, déficit hídrico, doença e nutrição deficiente podem levar a uma polinização deficiente, não havendo formação dos grãos e conseqüentemente conduzir a quebra de produtividade (BARROS & CALADO, 2014). Após a fecundação, os grãos em formação tornam-se “drenos” preferenciais para a planta, a qual deverá satisfazê-los de forma intensiva e contínua. Assim, a redução da taxa fotossintética das folhas superiores “fonte”, após

o florescimento, fatalmente resultará na queda considerável da produção (FANCELLI, 2003).

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza. De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta geralmente com mais de 2,0 m de altura, isto dentro de um espaço de tempo de cerca de nove semanas. Nos meses seguintes, essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (MAGALHÃES et al., 2002).

De acordo com Gadioli et al. (2000), o ciclo de uma cultivar de milho pode ser caracterizado em função do número de dias desde a semeadura até a maturidade fisiológica ou a colheita. Porém o método mais satisfatório para determinar as etapas de desenvolvimento da cultura leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas, designadas como unidades calóricas ($^{\circ}\text{C}$), unidades térmicas de desenvolvimento (U.T.D.) ou graus-dia (GDU).

Aproximadamente 75% das espigas devem estar com seus estigmas expostos após o período de 10 a 12 dias posterior ao surgimento do pendão (V_T). A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilos-estigmas. Neste estágio, a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento. Estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35°C) podem reduzir drasticamente a produção. Um pendão de tamanho médio chega a ter 2,5 milhões de grãos de pólen, o que equivale dizer que a espiga em condições normais dificilmente deixará de ser polinizada pela falta de pólen, uma vez que o número de óvulos está em torno de 750 a 1000 (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

Magalhães & Durães, (2006), afirmam que a liberação do grão de pólen pode-se iniciar ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia; no entanto, esse processo raramente exige mais de quatro horas para sua complementação. Ainda sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas. O estabelecimento do contato direto entre o grão de pólen e os pelos viscosos do estigma estimula a germinação do primeiro, dando origem a uma estrutura denominada de tubo polínico. Entretanto, sua longevidade pode ser reduzida quando submetido à baixa umidade e altas temperaturas.

Em milho, foi verificado que os grãos de pólen não suportam uma redução de umidade superior a 50% sem perda de suas funções normais, sendo o teor de umidade adequado em torno de 20% (BARNABÁS et al., 1988; FERREIRA et al.,

2007). Além do teor de água do grão de pólen a temperatura e a umidade relativa do ar também são fatores a serem considerados para garantir o sucesso no processo de conservação do pólen (FERREIRA et al., 2007).

A receptividade de uma espiga ocorre tão logo os estilos-estigma sejam liberados da palha. Havendo pólen viável, sua polinização é completada em até três dias após essa liberação. Caso contrário, estes estilos-estigmas podem permanecer receptivos ao pólen de 7 a 8 dias (MARTIN et al., 2007). A fertilização ocorre de 12 a 36 horas após a polinização, período esse, variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como teor de água, temperatura, ponto de contato e comprimento do estilo-estigma (RITCHIE & HANWAY, 1989; MAGALHÃES et al., 1994; FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Em geral pode-se considerar que o grão de pólen, uma vez em contato com o estilo-estigma (cabelo), demora cerca de 24 horas para emitir o tubo polínico e fertilizar o óvulo; geralmente, o período requerido para todos os estilos-estigma em uma espiga serem polinizados é de dois a três dias. Os estilo-estigmas da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados. (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

2.4 Ciclo Fenológico

Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), o milho é uma planta de ciclo vegetativo muito variado, evidenciando desde materiais genéticos (híbridos ou variedades cultivadas) extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, em nossas condições, geralmente a cultura de milho apresenta o período compreendido entre a semeadura e o florescimento de 50 a 65 dias, em função das características dos materiais genéticos, considerados (superprecoce, precoce e normal).

De acordo com Magalhães & Durães (2006), o sistema de identificação das fases do milho, divide-se em vegetativo (V) e reprodutivo (R), conforme mostra a Tabela 1. Subdivisões dos estádios vegetativos são designados como V_E , (emergência), V_1 , V_2 , V_3 até V_n ; (número de folhas verdadeiras), em que (n) representa a última folha emitida antes de V_T (fase de pendoamento). O estádio reprodutivo é representado pelas seguintes subdivisões: R_1 (embonecamento e

florescimento), R₂ (grão bolha d'água), R₃ (grão leitoso), R₄ (grão pastoso), R₅ (grão farináceo e formação de dente), R₆ (Maturação fisiológica), (RITCHIE et al., 2003).

Em função dos eventos que ocorrem ao longo do ciclo da cultura, é possível estabelecer estádios de desenvolvimento caracterizados por alterações morfológicas provocadas principalmente pelo ambiente. A duração das fases fenológicas de uma cultura, avaliada pelo número de dias, varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações climáticas, como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo (COSTA, 1994 citado por GADIOLI et al., 2000).

Tabela 1. Estádios Vegetativos e Reprodutivos das Plantas de Milho

Vegetativo	Reprodutivo
V _E – Emergência	R ₁ – Florescimento
V ₁ – 1º folha totalmente desenvolvida	R ₂ – Grão bolha d'água
V ₂ – 2º folha totalmente desenvolvida	R ₃ – Grão leitoso
V ₃ – 3º folha totalmente desenvolvida	R ₄ – Grão pastoso
V _n – n folhas totalmente desenvolvidas	R ₅ – Grão farináceo
V _T – Pendoamento	R ₆ – Maturação fisiológica

Fonte: Magalhães & Durães.; (2006). * Os estádios de desenvolvimento das plantas de milho são estabelecidos somente quando 50% ou mais das plantas no campo estiverem no respectivo estágio mencionado.

De acordo com Felisberto (2015), as descrições dos estádios geralmente são aplicadas a todos os grãos da espiga, mas os grãos do meio da primeira espiga devem ser aqueles usados para julgar o estágio, a menos que o estágio das espigas de inserções mais baixas seja especificamente desejado.

O estágio VE é atingido pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurram o coleótilo em crescimento para a superfície do solo. Nos estádios V3 à V5 o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície solo e a planta ainda possui pouco caule formado. Nesse estágio a planta começa a formar e a definir o número de folhas e espigas que produzirá, portanto, o estabelecimento do número máximo de grãos, ou a definição da produção potencial, estão sendo definidos nesse estágio. No estágio V5, tanto a iniciação das folhas como das espigas estará completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

No estágio de desenvolvimento V6, a região de crescimento e o pendão estão acima da superfície do solo e o colmo está iniciando um período de grande

incremento da alongação (RITCHIE et al., 2003). Por ocasião dos estádios V6/V7, normalmente evidencia-se a etapa final da formação das fileiras únicas de ovários da inflorescência feminina. Assim, o número de fileiras únicas de ovários já estará definido, faltando apenas à divisão em pares, que ocorrerá entre V7 e V9. A taxa de desenvolvimento das espigas incrementa-se entre o sexto e nono nó acima do solo, coincidindo com acentuada taxa de absorção de nutrientes por parte da planta, notadamente potássio e nitrogênio (IOWA STATE UNIVERSITY, 1993).

No estágio (V8), o sistema radicular encontra-se bem distribuído no solo, favorecendo o aproveitamento de água e de nutrientes. Nesse estágio, evidencia-se maior tolerância da planta ao excesso de chuvas e encharcamento da área de cultivo (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Próximo ao estágio V10, a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. O intervalo entre estes dois períodos é caracterizado pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, bem como pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina, além da presença de 8 folhas desdobradas, indicativa deste estágio (IOWA STATE UNIVERSITY, 1993).

No estágio V12, observa-se o início do desenvolvimento das raízes adventícias e inicia-se o período mais crítico para a produção o qual se estende até a polinização. Neste estágio a planta atinge cerca de 90% de suas folhas formadas e a panícula atinge seu desenvolvimento máximo, ao mesmo tempo ocorre o crescimento do estilo-estigma o que possibilitará fecundação do ovulo pelo grão de pólen e conseqüentemente a formação do grão (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

Segundo Rodrigues & Didonet (2003), o número potencial de óvulos (grãos) por espiga é determinado quando as plantas atingem de 10 a 12 folhas, com o colar visível, isto antes do espigamento, momento em que se estabelece o número real de grãos por espiga. No entanto, o número de fileiras de grãos na espiga já foi estabelecido, porém, a determinação do número de grãos por fileira só será definido cerca de uma semana antes do florescimento. Nesse período a deficiência hídrica é um dos principais fatores que condicionam o número de grãos na espiga (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

2.5 Déficit hídrico no cultivo do milho

O estresse hídrico é o principal fator abiótico relacionado a perdas no desempenho produtivo de cultivares de milho. Apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresses abióticos, que aliada à sua baixa plasticidade, acentuada interação ambiental, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, exige que o seu cultivo seja criteriosamente manejado para obtenção de produtividades satisfatórias (BALDO, 2007).

O estresse causado pela baixa disponibilidade hídrica é um dos fatores que mais limitam o desenvolvimento de cultivos agrícolas. Mais de 90% da área de milho cultivados no mundo é de sequeiro, e as perdas em produtividade anual em decorrência da seca ficam em torno de 15% do potencial de rendimento total. As perdas são mais intensas em países tropicais que dependem de uma temporada de chuvas relativamente imprevisível para o crescimento da cultura (ABREU, 2013).

A média mundial da produtividade do milho é cerca de 8,2 t ha⁻¹ em regiões temperadas e cerca de 3,5 t ha⁻¹ em regiões tropicais. Em ambas as regiões, a deficiência hídrica é considerada o principal fator limitante da produção de grãos, contribuindo diretamente para as diferenças entre as médias de produtividade (EDMEADES, 2008). Segundo o autor em regiões tropicais as perdas por déficit hídrico podem chegar a 50% e calcula-se que 25% dessas perdas podem ser eliminadas apenas com o advento do melhoramento genético.

No Brasil, as áreas cultivadas com milho são predominantemente conduzidas sem irrigação e mesmo em anos de precipitação satisfatória são observadas perdas na produção de grãos em função, principalmente, de períodos de estiagem ou veranicos (VILELA & BULL, 1999). À medida que o cultivo do milho avança além da época normal de plantio, a probabilidade de ocorrência de veranicos aumenta, podendo resultar em queda na produção (SHIOGA & GERAGE, 2010). O estresse hídrico atinge a cultura do milho em diferentes níveis de intensidade, e praticamente em todos os estágios de desenvolvimento, todavia, a cultura é comumente mais susceptível durante o período de florescimento, considerado o período crítico (GRANT et al., 1989; BÄNZINGER et al., 2000).

O estágio de florescimento e enchimento de grãos é considerado a fase crítica do milho, no qual esta espécie é altamente sensível a estresses abióticos.

Segundo Adebayo et al. (2014), o estresse hídrico reduz o rendimento de grãos, e ocorrendo durante as fases de florescimento e enchimento de grãos, as perdas de rendimento podem chegar a 80%. O baixo sincronismo entre o florescimento masculino e feminino pode levar a perdas de produtividade entre 35 e 50%, sob condição de estresse hídrico (SANTOS et al., 2003).

Nesse sentido, a escolha de cultivares mais tolerantes, bem como um bom planejamento faz toda a diferença. Visto que o conhecimento das interações dos fatores abióticos, essenciais para a produção, com os estádios de desenvolvimento da cultura, são fundamentais para o estabelecimento de estratégias adequadas de manejo, visto que, em vários estádios de desenvolvimento da cultura ocorrem eventos morfológicos, anatômicos e fisiológicos responsáveis pela definição do potencial de produção (BALDO, 2007).

Durante seu desenvolvimento, condições de estresse leva a planta ativar mecanismos de defesa que garantirão suas atividades fisiológicas ativas. Assim, em uma condição de restrição hídrica existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2013). A necessidade em resolver este conflito leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos, que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCREE & FERNÁNDEZ, 1989; SANTOS & CARLESSO, 1998).

O efeito do déficit hídrico sobre a capacidade dos genótipos em produzir fotoassimilados, quando submetidos a condição de estresse, leva a uma significativa redução na produção de massa seca, tanto da parte aérea quanto da raiz em genótipos sensíveis. De acordo com Liu et al. (2012), uma das primeiras respostas à seca é o fechamento dos estômatos e a diminuição da taxa fotossintética, devido a diminuição da captura de CO₂. A diminuição da produção de fotoassimilados faz com que a planta de milho consuma suas reservas de carboidratos a fim de suprir a falta de energia e obter compostos osmorreguladores (SICHER & BARNABY, 2012).

Segundo Gill & Tuteja (2010), em condições de estresse hídrico, quando as clorofilas recebem grande quantidade de energia e os pigmentos fotoprotetores não são capazes de dissipar toda a energia na forma de calor, ocorre uma dissipação desta energia para o oxigênio, formando espécies reativas de oxigênio (ERO), que por vez são responsáveis por gerar estresse oxidativo e/ou fotoinibição.

Nas condições de estresse ocorre uma diminuição do desenvolvimento vegetativo e expansão foliar, consequência do fechamento estomático e diminuição do turgor celular (LARCHER, 2004). Essas modificações contribuem para redução da área transpiratória e consequente perda excessiva de água, em contrapartida limita a fotossíntese, podendo assim limitar a produção (LOPES et al., 2011).

Consequentemente a condição de estresse impõe a manifestação de diferentes tipos de mecanismos não específicos e de alta complexidade, de acordo com o grau de severidade do distúrbio. Assim, as plantas poderão promover mudanças nas atividades enzimáticas, aumentando a atividade das peroxidases, catalases, glutadionas e redutases, bem como favorecer o acúmulo de antioxidantes (ácido ascórbico e tocoferol), de substâncias osmoticamente ativas (prolina, glicina betaína e polioliol), de outras substâncias do metabolismo secundário como os polifenóis, antocianinas e, sobretudo, a biossíntese de poliaminas e de outros hormônios vegetais, como o ácido abscísico, ácido jasmônico e etileno (HSIAO, 1973; LARCHER, 2000; SCHROEDER et al., 2001; FANCELLI, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O déficit hídrico durante o período de florescimento poderá comprometer a produção final. No período compreendido entre 15 dias antes e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina, o requerimento de um suprimento hídrico satisfatório, aliado a temperaturas adequadas torna este período extremamente crítico (FANCELLI, 1999). O acúmulo de matéria seca nos grãos está diretamente relacionado com a fotossíntese e uma vez que esse processo é afetado pela limitação hídrica, a assimilação de carboidratos torna-se prejudicada, resultando em menor acúmulo de matéria seca nos grãos (MAGALHÃES & DURÃES, 2006).

Nessa etapa fenológica, pode-se observar uma alta sensibilidade da planta nos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos, além da elevada transpiração que ocorre nesse período, em razão do maior índice de área foliar. Os eventos de formação do zigoto e início do crescimento dos grãos são muito sensíveis a estresses, sobretudo ao déficit hídrico (SCHUSSLER & WESTGATE, 1991; ZINSELMIEIER et al., 1995).

Quando o estresse hídrico incide nessa fase, são observados os maiores danos. Apenas dois dias de estresse hídrico no florescimento é capaz de diminuir o rendimento em mais de 20%, quatro a oito dias pode provocar mais de 50% de perdas, pois é nessa época que ocorre a definição do rendimento de grãos

(DURÃES et al., 2004). A seca durante esse período pode inibir o florescimento, provocar falhas na fertilização e aborto dos embriões, resultando na queda da produção (WESTGATE, 1994).

Segundo Santos et al. (2003), os efeitos adversos da falta de água são mais severos quando ocorrem em períodos de florescimento, podendo levar a reduções de 22% na produtividade. Aydinsakir et al. (2013) estudando o efeito da redução da disponibilidade hídrica para dois genótipos de milho, observaram que o fornecimento de apenas 50% da irrigação total necessária foi suficiente para reduzir a produtividade em 18 e 16% para cada genótipo.

Por consequência do estresse hídrico observa-se um comprometimento no sincronismo entre o pendão e a espiga. Um maior desenvolvimento da inflorescência masculina, e uma inibição do desenvolvimento da espiga, que conseqüentemente retarda a emissão dos estilos-estigma e ocasiona menor taxa de fertilização (TOLLENAR & DAYNARD, 1978; BOYLE et al., 1991; SANGOI & SALVADOR, 1996; BALDO, 2007). Isso tende a afetar a produção de grãos, ou seja, quanto maior for o período de seca menor será a produtividade (RIBAUT et al., 1996; KAMARA et al., 2003).

De acordo com Magalhães et al. (1994), uma espiga leva de dois a três dias para que todos os estilos-estigma sejam polinizados. Afirma o autor que os estigmas da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados. Estresse ambiental nessa fase, especialmente o estresse hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dessecação.

O efeito do estresse hídrico no milho ocorrido a partir da fase de florescimento afeta significativamente o rendimento de grãos, bem como os componentes de produção (CAKIR, 2004). Segundo o autor dentre todas as combinações de épocas de ocorrência de estresse hídrico avaliadas, as que envolviam as fases de florescimento e enchimento de grãos, foram as que sempre apresentaram os menores rendimentos produtivos. Ritchie et al. (1972) sugerem que a resposta fisiológica das plantas ao déficit hídrico seja avaliada em função da água disponível no solo. Esta proposta foi aprofundada por Sinclair & Ludlow (1986) ao proporem o estudo de resposta da planta à fração de água evapotranspirada.

Segundo Baldo (2007), os pesquisadores Shani & Dudley (2001), realizaram estudos com o objetivo de determinar o crescimento do milho em resposta a

diferentes intensidades de déficit hídrico. Quantificando o estresse hídrico através da determinação da evapotranspiração da cultura, observaram que o fornecimento de 70% da quantidade de água necessária para a evapotranspiração máxima proporcionou um acúmulo de matéria seca nas plantas 40% menor, quando comparado ao tratamento no qual foi fornecida a quantidade de água necessária para suprir totalmente a evapotranspiração das plantas.

Payero et al. (2006), estudando a resposta do milho ao estresse hídrico imposto durante todo o ciclo das plantas, quantificado através da evapotranspiração da cultura, constataram que o fornecimento de 50% da quantidade de água necessária para as plantas atingirem a evapotranspiração máxima proporcionou uma redução de rendimento de grãos e no potencial produtivo de 61%.

2.6 Melhoramento genético visando maior tolerância ao estresse hídrico.

No Brasil, as pesquisas de melhoramento genético de milho iniciaram em 1932. O lançamento do primeiro híbrido duplo ocorreu em 1946 e o surgimento do primeiro híbrido simples, em 1952. Nos últimos anos, o Brasil liderou os investimentos no desenvolvimento de híbridos de milho tropical, ocupando assim lugar de destaque entre as contribuições da ciência para a sociedade, além disso, o Brasil tem sido responsável por expressivos aumentos na produtividade da cultura, considerada de grande importância em todo o mundo (BARBOSA, 2009).

A produção média de grãos de milho por área aumentou drasticamente durante a segunda metade do último século (DUVICK & COSSMAN, 1999). Entre os vários fatores que contribuíram para esse aumento está a seleção de novos híbridos sob condições adensadas de semeadura. O aumento da tolerância de plantas de milho à intensa competição por luz, nutrientes e água, vem sendo obtido pela seleção de genótipos mais produtivos sob alta população de plantas e em ampla variedade de ambientes (ROMANO, 2005).

Visando a minimização desses problemas, os programas de melhoramento de plantas têm buscado realizar seleções de cultivares de alto desempenho e ao mesmo tempo mais tolerantes à seca. A identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca são fundamentais no desenvolvimento de novos genótipos comerciais mais tolerantes ao déficit hídrico (SHAO et al., 2008).

O melhoramento para produção de grãos sob estresse hídrico pode contribuir com atributos favoráveis a outras condições de estresse como baixos níveis de nitrogênio (N) e tolerância a altas densidades de plantio (KAMARA et al., 2005; MONNEVEUX et al., 2005). Kamara et al. (2005) e Ajala et al. (2010) reportaram que sob baixos níveis de N, há associação entre *stay green* e produção de grãos, o que permite a seleção indireta para aumento da produção nesta condição.

A tolerância a altas densidades de plantio aumenta concomitantemente com a tolerância à deficiência hídrica, não havendo prejuízos para a produção de grãos sob condições normais de umidade. Além disso, cultivares tolerantes à deficiência de umidade e alta densidade são também tolerantes ao acamamento, que é um dos maiores problemas em plantios em alta densidade (MUGO et al., 2003).

O melhoramento genético em condições de déficit hídrico é complexo e trabalhoso, visto que as condições experimentais devem ser cuidadosamente manejadas. Além disso, o aumento do estresse por baixa umidade induz a redução na produção, sendo dependente de dois fatores com efeitos combinados (tolerância ao estresse e rendimento de grãos), ou seja, a suscetibilidade da planta à condição de estresse e a expressão do potencial produtivo, tanto sob estresse, quanto em condições normais, faz com que a seleção de genótipos superiores se torne mais complexa e difícil (ANDRADE, 2013).

A seleção para produção de grãos sob estresse hídrico, porém, tem sido considerada ineficiente devido à alta proporção da variância ambiental em relação à variância genética, o que reduz a herdabilidade do caractere e dificulta a seleção de genótipos superiores (RIBAUT et al., 1999). Em contrapartida a diversidade genética existente na cultura do milho se torna um reservatório genético crucial para manter a capacidade natural de responder aos diferentes tipos de estresses. As variedades locais de milho são fontes potenciais de genes na busca por resistência e tolerância aos diversos tipos de estresses bióticos e abióticos (MACHADO et al., 2011).

A seleção de genótipos mais tolerantes deve ser feita sob condições especiais de experimentação, principalmente sob deficiência hídrica, devido à imprevisibilidade climática nos ambientes de avaliação e a interação dos genótipos com os ambientes (ANDRADE, 2013). No entanto, na maioria dos países tropicais há apenas um período do ano em que não ocorrem precipitações, sendo possível a prática de seleção para tolerância ao déficit hídrico, o que pode aumentar o tempo gasto no desenvolvimento e liberação de cultivares (RIBAUT et al., 1997; CÂMARA,

2006). Assim sendo, faz-se necessária a seleção de caracteres que reconhecidamente estejam relacionados à tolerância e que possam ser manipulados em experimentos com ausência de deficiência hídrica.

Segundo Andrade (2013), apesar das dificuldades inerentes à obtenção de ganhos em produção de grãos sob condições de estresse, o uso de caracteres secundários tem promovido resultados satisfatórios no desenvolvimento de genótipos mais tolerantes ao estresse hídrico. Um caractere secundário ideal deve ser geneticamente associado com a produção de grãos sob estresse, ter variabilidade, ser de avaliação rápida e barata, ser estável durante o período de avaliação e não deve estar associado às perdas de produção sob condições normais de cultivo (BÄZINGUER et al., 2000; EDMEADES et al., 2008).

2.7 Caracteres morfofisiológicos relacionados ao estresse hídrico

Algumas plantas podem suportar a falta de água através de diferentes mecanismos, envolvendo adaptações fisiológicas e morfológicas que permitem a sua sobrevivência e uma produtividade satisfatória (XOCONOSTLE-CAZARES et al., 2010). Algumas características diferentes têm sido propostas como alvos de seleção para melhorar a tolerância à seca. No entanto, não há um único parâmetro que por si só possa ser indicativo da tolerância, sendo o ideal avaliar parâmetros que possam ser medidos em diferentes estádios fenológicos da cultura e em condições de campo e de casa de vegetação (PIMENTEL & ROSSIELO, 1995).

De acordo com Andrade (2013), em condições normais de cultivo, o uso de caracteres secundários pode aumentar a eficiência da seleção para tolerância ao estresse hídrico e produção de grãos. Onde nestas condições se permite selecionar genótipos mais tolerantes fora do ambiente de estresse. É importante, no entanto, que esses caracteres tenham valor adaptativo ao estresse, sejam de fácil mensuração, passíveis de serem avaliados em larga escala e altamente correlacionados com produção de grãos (RIBAULT et al., 1997; AGRAMA & MOUSSA, 1996; BÄZINGUER et al., 2000; KAMARA et al., 2003; DURÃES et al., 2004).

Assim, diversos autores estão propondo o uso de caracteres secundários que têm forte associação com a produção sob condições de estresse, para melhorar o

rendimento. Sob condições de seca caracteres secundários como, florescimento feminino e masculino, intervalo entre florescimento e altura de plantas apresentam alta correlação com rendimento de grãos, (BÄNZIGER & LAFITTE, 1997; BADU-APRAKU et al. 2011; OYEKUNLE et al. 2015). Prolificidade (número de espigas por planta), número de ramificações do pendão e *stay green* ou senescência retardada das folhas e colmos (KAMARA et al., 2003; COSTA et al., 2008) também podem ser utilizado na seleção de genótipos tolerantes ao estresse hídrico.

Além desses caracteres podem ser levados em conta caracteres secundários, massa seca de parte aérea e raiz, índices de clorofila nas folhas, ângulo de raiz correlacionados aos componentes de produção, sob diferentes níveis de estresse hídrico (MAGALHÃES et al., 2009).

A informação sobre as correlações entre caracteres secundários é de fundamental importância na seleção de genótipos de milho em ambientes contrastantes. Essa informação é necessária porque indica a magnitude e a direção da associação entre as características, as respostas correlacionadas à seleção, além da eficiência relativa da seleção indireta (OYEKUNLE et al. 2015). Neste sentido, é possível que haja variação na correlação entre caracteres secundários, quando estes são estimados em ambientes contrastantes e seu resultado extrapolado para todos os ambientes.

Segundo Souza et al. (2013), caracteres como peso de espiga, número de espiga e peso de 100 sementes geralmente sofrem efeitos negativos em ambientes de estresse, mas não necessariamente são observadas diferenças entre os híbridos sob a mesma condição. Em vários estudos, diversos caracteres agrônômicos foram considerados fatores relevantes na tolerância à seca, onde diferenças significativas ou correlações com produtividade foram observadas (OLUWARANTI & AJANI 2016; ADEBAYO et al., 2014; AYDINSAKIR et al., 2013; CÂMARA et al., 2007; SANTOS et al., 2003).

O peso hectolitro (PHCT) é uma medida de densidade que relaciona massa e volume de sementes (BRASIL, 1992). Geralmente, estudos que envolvam avaliação dos componentes de produção utilizam como variável o caractere massa de mil grãos. Segundo a Regra de análise de Semente (BRASIL, 1992) o PHCT é uma característica varietal influenciada pelo clima, solo, adubação, sistema de produção, ocorrência de insetos e de doenças, maturidade da semente, beneficiamento, grau de umidade da semente e tratamento químico. Deste modo o PHCT apresenta-se

mais adequado para o estudo de genótipos de milho submetidos a condições de estresse hídrico.

O *stay green*, ou senescência retardada de folhas e colmo, é um dos mais importantes caracteres secundários relacionados à tolerância a déficits hídricos. Os genótipos que apresentem *stay green* se caracterizam por demonstrar uma senescência retardada em relação à média dos genótipos da espécie (COSTA et al., 2008). Isso tem sido comprovado por alguns trabalhos que têm reportado correlação genética significativa e negativa (devido à natureza dos dados – quanto menor a nota, maior é o *stay green* da planta) entre produção de grãos e *stay green* (LAFITTE & EDMEADES, 1994; BETRÁN et al., 2003; ZAIDI et al., 2004; MEDICI et al., 2005; CÂMARA, 2006).

De acordo com Joshi et al. (2007), cultivares que apresentam *stay green* são mais tolerantes a ambientes com estresses hídricos e altas temperaturas (CHAPMAN & EDMEADES, 1999; BÄNZINGER et al., 2000; ZAIDI et al., 2004). O retardamento da senescência das folhas no período pós-florescimento pode facilitar o desenvolvimento dos grãos em função do acúmulo de assimilados no final do estágio de enchimento sob estresse hídrico (CÂMARA et al., 2007). Nesta condição Paterniani et al. (2015) observou que o *stay green* apresentou correlação negativa com altura de plantas, este resultado demonstra um melhor aproveitamento da fotossíntese para o fornecimento de carboidratos utilizados no desenvolvimento vegetativo das plantas.

Essa maior resistência a estresse biótico e abiótico devido à característica de *stay green* pode ser explicada pela prolongação da fotossíntese durante o enchimento dos grãos, e o maior fornecimento de carboidratos para colmos, folhas e raízes (CARMO et al., 2007). Assim, a remobilização dos carboidratos armazenados é melhorada e levará a identificar os alvos importantes para aumentar a força do dreno para as sementes sob déficit hídrico, ajudando assim a alcançar a estabilidade de produção sob a seca (MIR et al., 2012).

O rendimento de grãos apresenta alta correlação com *stay green* em baixa disponibilidade de nitrogênio, porém o *stay green* em condições de estresse hídrico pode não apresentar acurácia quando utilizado na seleção de genótipos tolerantes (BADU-APRAKU et al., 2011). Contradizendo estas afirmativas Oyekunle et al. (2015), estudando a variabilidade genética de linhagens de milho contrastantes para

tolerância ao estresse hídrico, encontrou correlações significativas entre rendimento de grãos e *stay green*.

O sincronismo ou intervalo entre os florescimentos masculino e feminino (IFMF) também é uma das mais importantes características avaliadas na seleção de cultivares com potencial tolerância ao estresse hídrico (AGRAMA & MOUSSA, 1996; BOLAÑOS & EDMEADES, 1996; BÄNZINGER et al., 2000; XIAO, 2004). Baixos valores de IFMF indicam sincronismo no florescimento, resultante da adaptação a determinado estresse, e está associado ao rendimento de grãos sob condições adversas (DURÃES et al., 1998). Reduzido IFMF é parcialmente consequência de um maior potencial hídrico da planta durante o florescimento, que por vez diminui o abortamento das espigas e apresenta estreita correlação com o número de espigas por planta (BÄNZINGER et al., 2002).

Segundo Santos et al. (2003) variações de 0 a 8,2 dias no sincronismo do milho sob condições de estresse têm sido relatadas na literatura. Essa característica parece conferir maior valor adaptativo ao híbrido; no entanto, isso não ficou evidenciado em termos de produtividade, sendo, talvez, parte de algum mecanismo constitutivo (BANZIGER et al., 2002). Deste modo, se o sincronismo do florescimento confere maiores valores adaptativos e não expressa essa vantagem em termos de produtividade, algum outro mecanismo deve estar envolvido.

Em híbridos selecionados para a característica de sincronia no florescimento masculino e feminino e sob condição de estresse hídrico moderado, Santos et al. (2000) observaram uma redução média na produtividade de 35%, podendo ocorrer reduções superiores a 50%, dependendo da incidência e da duração do estresse para híbridos com menor sincronismo. O baixo rendimento de grãos pode ser atribuído à quebra do sincronismo entre emissão dos estigmas e liberação do pólen, que geralmente ocorre mais cedo, e o espigamento ocorre mais tarde (SOUSA et al., 2015), justificando a ocorrência de espigas com poucos grãos (BERGAMASCHI et al., 2004).

Segundo Bänziger et al. (2002), um reduzido IFMF contribui para a diminuição do abortamento das espigas sob condição de seca, apresentando assim estreita correlação com o número de espigas por planta. Deste modo genótipos com bom sincronismo no florescimento tende a ser mais prolífico. Em contrapartida, Durães et al. (2004) afirma que sob estresse hídrico no florescimento, o rendimento de grãos parece estar mais associado a prolificidade que ao IFMF.

A seleção para prolificidade tende a ser eficiente por ser um caractere de alta herdabilidade e correlacionado com a produção de grãos (CARENA et al., 1998). Câmara et al. (2007) estudando parâmetros genéticos correlacionados à tolerância ao estresse hídrico observaram uma correlação negativa para IFMF e prolificidade. Com esses resultados observa-se que a seleção com base em caracteres como prolificidade, tenderia a elevar a produção de grãos, aumentando a precocidade e mantendo ou reduzindo o intervalo entre florescimentos.

A capacidade de adaptação de genótipos de milho a várias condições de estresse, em especial o estresse hídrico, está correlacionada à prolificidade (HALLAUER & TROYER, 1972; MOTTO & MOLL, 1983; BOLAÑOS & EDMÉADES, 1993). De acordo com Câmara et al. (2007), alguns autores afirmam que a prolificidade é um dos principais caracteres a serem considerados em programas de melhoramento visando à tolerância a déficits hídricos. Afirma Paterniani et al. (2015) que a seleção para prolificidade tende a ser mais precisa que os demais caracteres e poderia, indiretamente, aumentar a massa de grãos sob condições de déficit hídrico.

Bergamaschi et al. (2004), estudando as relações entre o suprimento de água e a produção de grãos para a cultura do milho, observaram que uma curta estiagem durante o florescimento masculino e início do enchimento de grãos afetou o número de espigas por planta e o número de grãos por fileira, sendo a redução do número de espigas atribuída ao baixo sincronismo provocado pelo déficit hídrico. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2015).

De acordo com Bolaños & Edmeades (1993), cultivares de milho que apresentem prolificidade elevada têm mais condições de se adaptar em ambiente com estresse, tais como altas densidades de semeadura. Em contrapartida, afirma Jampatong et al. (2000) que a seleção para esse caractere isoladamente poderia ocasionar efeitos indesejáveis em outras características, tornando-se necessária a seleção para tolerância a estresse baseada em um conjunto de características, possibilitando a aplicação dos benefícios da prolificidade (ABREU, 2013).

Estudando o efeito do estresse hídrico sobre variedades de milho Oluwaranti & Ajani (2016), encontrou correlações positivas entre prolificidade e peso de espigas e rendimento de grãos, em condições ideais, já sob condições de estresse hídrico, os autores observaram correlações positivas entre rendimento de grãos e prolificidade e diâmetro de espigas, além de correlação negativa com número de

fileiras de grãos. Esta é uma indicação de forte dependência do rendimento de grãos sob estresse hídrico com estes componentes de rendimento.

De acordo com Wu et al. (2011), em estudo do crescimento e transpiração do milho em casa de vegetação sob deficiência hídrica, ocorre redução na formação de biomassa e na transpiração, quando a umidade nos vasos é inferior a 90% da capacidade de campo. Ainda a variação na disponibilidade hídrica proporciona diferença significativa na formação de biomassa, principalmente quando relacionadas às biomassas de folhas e colmo, sendo o efeito linear (BRITO, 2013).

O incremento na matéria seca e conseqüentemente maior acúmulo de biomassa no colmo é obtido com o incremento das lâminas de irrigação. Nesse sentido, Brito (2013), afirma, ao estudar o efeito de diferentes lâminas de irrigação, que ao se aumentar em 20% a lâmina, tem-se um incremento de 47,55% em formação de biomassa do colmo, já nas biomassas da parte aérea, folhas e inflorescência, o incremento é de aproximadamente 12% e 6,7% respectivamente.

Moura et al. (2006), obtiveram menor formação de biomassa em plantas de milho doce sob restrição da disponibilidade hídrica (BRITO, 2013). Assim, a exposição ao estresse hídrico possibilita a variável biomassa de colmo ser utilizada como base para determinação da tolerância de plantas de milho ao estresse hídrico, ou mesmo como fator que venha a ser correlacionado com a produção da cultura.

Segundo Carvalho et al. (2000) déficit hídrico de 9 a 12 dias na fase de floração ocasiona perda de 50% na produção de grãos de milho. Se o déficit hídrico ocorrer na fase vegetativa, o efeito sobre o rendimento de grãos é menor, no entanto, ocorre redução no crescimento das plantas, com decréscimos da área foliar e da biomassa (BERGAMASCHI et al., 2006). Guimarães et al. (2012), estudando o efeito do estresse hídrico em três diferentes fases (vegetativo, florescimento e enchimento de grãos) em híbridos de milho obtiveram diferenças significativas para massa seca total quando o estresse ocorreu no florescimento.

De acordo com os resultados obtidos ao estudar o comportamento morfofisiológico na fase vegetativa de dois genótipos de milho irrigado, Moreira et al. Aleman (2014), observaram um comportamento diferenciado entre os dois genótipos. Neste experimento um dos genótipos apresentou maior massa seca de raiz quando irrigado a partir de 50% da ETc (evapotranspiração da cultura), enquanto o outro genótipo apresentou maior desenvolvimento com irrigações a partir de 25% da ETc.

Segundo Bergamaschi et al. (2004), com o estresse hídrico ocorrendo durante o período vegetativo, há redução no crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa. Porém, de acordo com Silva et al. (2015), nesse período não estão sendo formados os componentes do rendimento. Assim, os efeitos sobre a produção de grãos são atenuados posteriormente, se as condições hídricas se tornarem favoráveis.

Os aspectos fisiológicos das plantas, principalmente a fotossíntese, condutância estomática e transpiração tem sua atividade fortemente influenciada pelas diferentes lâminas de irrigação, verificando-se um linear aumento destes parâmetros por aumento de 20% da ETc, se compararmos esses resultados aos observados nas variáveis de crescimento, nota-se que há coerência, verificando-se maiores valores quando se disponibilizou mais água às plantas. Alguns resultados confirmam que os aspectos fisiológicos são afetados por fatores ambientais, dentre eles, o efeito do estresse hídrico, assim como mencionam Shimazaki et al. (2007), corroborando aos estudos realizados por Brito (2013), no qual se obteve o mesmo resultado.

Na condição de estresse hídrico a planta tende a fechar os seus estômatos no sentido de minimizar a perda de água e manter a turgescência, o que vem refletir na formação de carboidratos na fotossíntese e no acúmulo em biomassa, principalmente do caule. Desta forma a condutância estomática é um importante parâmetro na determinação da tolerância ao estresse. Cerca de 90% da matéria seca acumulada pela planta de milho provém da fixação atmosférica de CO₂ pelo processo de fotossíntese (MAGALHÃES & PAIVA, 1993). A capacidade do milho em produzir grãos é dependente da habilidade da cultura para assimilar CO₂. A assimilação de dióxido de carbono pode ser medida diretamente em nível de folha e indiretamente em nível de dossel pela eficiência do uso da radiação (RUE) (MUCHOW & SINCLAIR, 1994).

Sob seca, quando as clorofilas recebem grande quantidade de energia e os pigmentos fotoprotetores (carotenoides e xantofilas) não dão conta de dissipar a energia na forma de calor, ocorre uma dissipação desta energia para o oxigênio formando espécies reativas de oxigênio (ERO) gerando um estresse oxidativo. Estas espécies reativas de oxigênio podem atacar as membranas lipídicas (peroxidação lipídica), DNA, proteínas e clorofila ou ainda este excesso de energia pode levar a uma fotoinibição (GILL & TUTEJA, 2010).

Em muitos casos, inclusive no milho, a deficiência hídrica leva a redução da clorofila (GRZESIAK et al., 2007). O índice de clorofila total pode ser considerado uma característica secundária, no qual, em milho, seu aumento pode se associar com o rendimento da cultura (BETRÁN et al., 2003).

Segundo Liu et al. (2012), o estresse hídrico afeta diretamente a fotossíntese. Uma das primeiras respostas ao estresse hídrico é o fechamento dos estômatos e a diminuição da taxa fotossintética, devido a diminuição da captura de CO₂, provocando queda na concentração de clorofila nas folhas. Entretanto estudando o efeito do estresse hídrico em linhagens de milho Magalhães et al. (2009) observou que imposição de 5 dias de estresse hídrico não foi capaz de levar a mudanças na concentração da clorofila.

A arquitetura do sistema radicular é de fundamental importância para a produtividade em condição de estresse abiótico (LYNCH, 1995). Com relação à eficiência de absorção de água, esta maior eficiência pode ser medida pela caracterização radicular, pois genótipos com este mecanismo possuem raízes mais profundas (principalmente raízes finas). A caracterização radicular pode ser feita por métodos de imagens digitais com associação a atributos de massa seca em condições de casa de vegetação ou de campo (HUND et al., 2009; TRACHSEL et al., 2011).

De acordo com Souza et al. (2016) foi sugerido que a identificação de uma maior tolerância ao estresse hídrico em alguns genótipos de milho está ligada a indução dos genótipos a uma pré-exposição ao déficit hídrico. É possível que o acúmulo desta memória de eventos de seca induzam ajustes morfológicos e anatômicos no nível da raiz, a fim de explorar a água em camadas mais profundas do solo, o que permitiria melhorias significativas na produção de grãos em condições de seca.

O ângulo de raiz é um potencial caractere na identificação de genótipos tolerantes a estresse abiótico. O desenvolvimento das raízes contribui para a redução do estresse hídrico e estresse por calor, cultivados em ambientes propensos a seca (SHARMA & CARENA, 2016). Pode ser usado para estimar a capacidade radicular de exploração do solo, que modula a extensão da captação potencial de água pelo genótipo (HAMMER et al., 2009).

Um método convencional de medição de ângulos de raízes é a utilização de um transferidor que é utilizado em diferentes tipos de raízes de plantas anuais e a

obtenção de ângulos existentes entre as raízes. Outra maneira de realizar este trabalho é pela obtenção de fotografias, ou a utilização de microscópios digitais e estereoscópicos com a posterior utilização do arquivo em programas de computador específicos para medições (GONÇALVES & LYNCH, 2014).

Alterações morfoanatômicas na parte aérea da planta e na raiz estão envolvidas em mecanismos que conferem maior eficiência na absorção e uso da água pela planta. A identificação de tais mecanismos é crucial para a seleção de genótipos mais tolerantes à seca (ZHU et al., 2010). No milho, tem sido demonstrado que maior comprimento da raiz (ALI et al., 2016) e menos raízes laterais (ZHAN et al., 2015) levaram ao aumento da tolerância à seca e plantas com menor ângulo de raiz, tendendo a apresentar raízes mais profundas.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. D. **Seleção indireta para tolerância a seca em milho por meio de características agronômicas e de sementes.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 96 p. 2013.

ADEBAYO, M. A.; MENKIR, A.; BLAY, E.; GRACEN, V.; DANQUAH, E.; HEARNE, S. Genetic analysis of drought tolerance in adapted x exotic crosses of maize inbred lines under managed stress conditions. **Euphytica**, v. 196, 261 p. 2014.

AGRAMA, H. A.; MOUSSA, M. E. Mapping QTLs in breeding for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) **Euphytica**, Wageningen, v. 91, n. 1, p. 89-97, 1996.

AJALA, S. O; KLING, J. G.; MENKIR, A.; ALABI, S. O. Full-sib vs S1 selection scheme for the improvement of a maize population for tolerance to low soil nitrogen. **Maydica**, Bergamo, v. 55, p. 239-248, 2010.

ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, R. E. **Modern corn production** 2.ed. Champaign: A & L Publication, 371 p. 1982.

ALI, M.L; LUETCHENS, J.; SINGH, A.; SHAVER, T.M.; KRUGER, G.R.; LORENZ, A.J. Greenhouse screening of maize genotypes for deep root mass and related root traits and their association with grain yield under water-deficit conditions in the field. **Euphytica**, v.207, p.79-94, 2016.

ANDRADE, C. A. **O Papel do Peróxido de Hidrogênio na Tolerância de Soja (*Glicine max*) ao Alagamento.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, 59 p. 2013.

AYDINSAKIR, K.; ERDAL, S.; BUYUKTAS, D.; BASTUG, R.; TOKER, R. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. **Agricultural water management**, v. 128, p. 65-71, 2013.

BADU-APRAKU, B.; AKINWALE, R. O.; AJALA, S.; MENKIR, A.; FAKOREDE, M. A. B.; OYEKUNLE, M. Relationships among traits of tropical early maize cultivars in contrasting environments. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 3, p. 717-729, 2011.

BALDO, M. N. **Comportamento Anatômico, Fisiológico e Agrônômico do Milho (*Zea mays* L.) Submetido a Estresses de Ambiente em Diferentes Estádios Fenológicos.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ. Piracicaba, SP. 92 p. 2007.

BÄNZIGER, M.; EDMEADES, G. O.; LAFITTE, H. R. Physiological mechanisms contributing to the increased N stress tolerance of tropical maize selected for drought tolerance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 223-233, 2002.

BÄNZINGER, M.; EDMEADES, G.O.; BECK, D.; BELLON, M. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: from theory to practice**. Mexico: CIMMYT, 68 p. 2000.

BÄNZIGER M.; LAFITTE H. R. Breeding tropical maize for low-N environments: II The values of second- ary traits for improving selection gains under low- N. **Crop Science**, v. 37, p. 1110-1117, 1997.

BARBOSA, M. P. M. **Avaliação do desequilíbrio de ligação e da origem genética em duplo-haplóides de milho**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 65 p. 2009.

BARNABÁS, B.; KOVACS, G.; ABRANYI, A.; PFAHLER, P. Effect of pollen storage by drying and deep freezing on the expression of different agronomic traits in maize (*Zea mays* L.). **Euphytica, Wageningen**, v. 39, p. 221-225, 1988.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Évora: Escola de Ciência e Tecnologia - Universidade de Évora, 54 p. 2014.

BELFIELD, S.; BROWN, C. **Field crop manual: Maize**. The State of New South Wales. Sydney: NSW Department of Primary Industries, 43 p. 2008.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BETRÁN, F. J.; BECK, D.; BÄNZIGER, M.; EDMEADES, G. O. Secondary traits in parental inbreds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 83, n. 1, p. 51–65, 2003.

BOLAÑOS J.; EDMEADES, G. O. The importance of the anthesis– silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, v. 48, n. 1, p. 65–80. 1996.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 31, p. 233-252. 1993.

BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P. Cultivares Transgênicos. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (eds) **Tecnologias de Produção do Milho**. 20. ed. Viçosa: UFV, p. 85-108, 2004.

BOYLE, M. G.; BOYER, J. S.; MORGAN, P. W. Stem infusion of liquid culture-medium prevents reproductive failure of maize at low water potential., **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1246-1252, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Determinações adicionais – peso volumétrico. In: **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, cap.8, item 8.2, p.193-194, 1992.

BRITO, M. E. B.; FILHO, G. D. A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v.29, n.5, p.1244-1254, 2013.

CAKIR, R. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 89, p. 1-16, 2004.

CÂMARA, T. M. M. **Mapeamento de QTLs de caracteres relacionados à tolerância ao estresse hídrico em milho tropical.**, 2006. 177 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA, C. L. Jr. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados a tolerância a deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CARENA, M. J.; SANTIAGO, I.; ORDÁS, A. Direct and correlated responses to recurrent selection for prolificacy in maize at two plant densities. **Maydica**, Bergamo, v. 43, n. 2, p. 95-102, 1998.

CARMO, S. L. M. D.; SANTOS, J. B. D.; HAGIWARA, W. E.; FERREIRA, J. L. Avaliação do “*stay green*” em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 953-957, 2007.

CASIERRA-POSADA, F.; ROA, H. A. Efecto del déficit hídrico moderado en el suelo sobre el crecimiento y distribución de materia seca en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). **Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica**, v. 9, n. 2, p. 169-180. 2006.

CARVALHO, D. F.; FARIA, R. A.; SOUSA, S. A. V.; SOUSA, H. Q. S. Espacialização do período de veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na bacia do rio verde grande, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 172-176, 2000.

CHAPMAN, S. C.; EDMEADES, G. O. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II. Direct and correlated responses among secondary traits. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 5, p. 1315-1324, 1999.

CONAB, 2014. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Décimo Segundo Levantamento, setembro/2014. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 24 ago. 2016.

CONAB, 2016. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo primeiro levantamento, outubro/2016. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 24 ago. 2016.

COSTA, A. F. S. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio**. Viçosa, 1994. 109p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

COSTA, E. F. N.; SANTOS, M. F.; MORO, G. V.; ALVES, G. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Herança da senescência retardada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 207-213, 2008.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. Cultivo do Milho: Economia da produção. Sistema de Produção. **Embrapa milho e Sorgo (CNPMS)**, 7ª edição, set. 2011.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, M. X.; LOPES, M. A.; PAIVA, E. Intervalo entre florescimentos masculino e feminino como parâmetro fenotípico útil ao melhoramento de milho tropical para tolerância à seca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, p. 27, 1998.

DURÃES, F. O.; GOMES, E. E.; GAMA, M. X. D. S.; DOS SANTOS, F. G.; COELHO, A. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; CARLOS, A. **Fenotipagem associada à tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. Sete Lagoas: (Circular Técnica, 39). Embrapa, 17 p. 2004.

DUVICK, D. N.; COSSMAN, K. G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, n.39, p.1622-1630, 1999.

EDMEADES, G. Drought Tolerance in Maize: An Emerging Reality. A Feature in CLIVE, J. 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. **ISAAA Brief**, n. 39, 2008.

EDMEADES, G. O. J.; BOLAÑOS, H. R.; LAFITTE. Progress in breeding for drought tolerance in maize. Proceedings of the 47th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference, Chicago. **American Seed Trade Association**, p. 93-111, 1992.

EDWARDS, G. E.; WALKER, D. A. **C3, C4: Mechanisms and cellular and environmental regulation, of photosynthesis.** Oxford: Blackwell Scientific Publications, 541 p. 1983.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Produção de Milho. Ed. **Agropecuária, Milho: estratégias de manejo para alta produtividade.** Piracicaba: Esalq/USP/LPV, p. 208, 2000.

FANCELLI, A. L. **Tecnologia da produção de milho.** Piracicaba: Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP/LPV 1999.

FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade.** Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, p. 174-197. 2003.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Gerenciamento da cultura de milho.** Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 1999.

FAO. OCDE-FAO Perspectivas agrícolas 2015 – 2024. Disponível em: <http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>. Acesso em 05/04/2017.

FARIA, S. M. O fenômeno seca e a produtividade agrícola do Estado de Goiás. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, p. 1100-1366, 2011.

FELISBERTO, P. A. D. C. **Efeito de subdoses de maturadores de cana-de-açúcar na cultura do milho.** Dissertação (Mestrado) - UFG, Regional Jataí, GO. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Jataí, p 4, 2015.

FERREIRA, C. A.; VON PINHO, E. R. V. R; ALVIM, P.; ANDRADE, V.; SILVA, T. T. A.; CARDOSO, D. Conservação e Determinação da Viabilidade de Grão de Pólen de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, p. 159-173, 2007.

GADIOLI, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; BASANTA, M. V. Temperatura do Ar, Rendimento de Grãos de Milho e Caracterização Fenológica Associada à Soma Calórica. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 3, p.377-383, 2000.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 48, p. 909-930, 2010.

GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H.; MORAES, D. F. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical., **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 140-145, 2010.

GONÇALVES, S. L.; LYNCH, J. P. **Raízes de plantas anuais: tolerância a estresses ambientais, eficiência na absorção de nutrientes e métodos para seleção de genótipos.** Embrapa Soja. Londrina, PR, Doc. 357, 67 p. 2014.

GRANT, R. F.; JACKSON, B. S.; KINIRY, J. R.; ARKIN, G. F. Water deficit timing effects on yield components in maize. **Agronomy Journal, Madison**, v. 81, n. 1, p. 61-65, 1989.

GRZESIAK, M. T.; RZEPKA, A.; HURA, T.; HURA, K.; SKOCZOWSKI, A. Changes in response to drought stress of triticale and maize genotypes differing in drought tolerance. **Photosynthetica**, Prague, v. 45, p. 280-287, 2007.

GUIMARÃES, P. S.; BERNINI, C. S.; SILVA, A. L. B. O.; RIBEIRO, R. B.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. **Efeito do Déficit Hídrico em Híbridos Simples de Milho Submetidos à Seca em Três Estádios Fenológicos da Cultura**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Águas de Lindóia - 26 a 30 de agosto de 2012.

HALLAUER, A. R.; TROYER, A. F. Prolific corn hybrids and minimizing risk of stree. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY – RESEARCH CONFERENCE, 27, 1972, Chicago. **Proccedings...** Washinton: ASTA, p. 1-19, 1972.

HAO, Z.; LI, X.; LIU, X.; XIE, C.; LI, M.; ZHANG, D.; ZHANG, S.; Meta-Analysis of Constitutive and Adaptive QTL for drought Tolerance in Maize. **Euphytica**, v. 174, n. 2, p. 165-177, 2010.

HAMMER, G. L.; DONG, Z.; MCLEAN, G.; DOHERTY, A.; MESSINA, C.; SCHUSSLER, J.; ZINSELMEIER, C.; PASZKIEWICZ, S.; COOPER, M. Can changes in canopy and/or root systems architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn Belt? **Crop Science** v. 49, p. 299–312, 2009.

HSIAO, T. C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973.

HUND, A.; RUTA, N.; LIEDGENS, M. Rooting depth and water use efficiency of tropical maize inbred lines, differing in drought tolerance. **Plant and Soil**, v. 318, n. 1-2, p. 311-325, 2009.

IBGE, 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 de março de 2017.

INMET. Dados Históricos, 2015. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.

IOWA STATE UNIVERSITY. **National corn handbook**. Ames: Cooperative extension Service. 612 p. 1993.

JAMPATONG, S.; DARRAH, L. L.; KRAUSE, G. F.; BARRY, B. D. EFFECT of one and twoeared selection on stalk strength on other characters in maize. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 3, p. 605-611, 2000.

JONES, C. A. **C4 grasses and cereals: growth, development, and stress response**. New York: Wiley, 419 p. 1985.

JOSHI, A.K.; KUMARI, M.; SINGH, V.P.; REDDY, C.M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. *Stay green* trait: variation, inheritance, and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 153, p. 59-71, 2007.

KAMARA, A. Y.; MENKIR, A.; AJALA, S. O.; KUREH, I. Performance of diverse maize genotypes under nitrogen deficiency in the northern Guinea savana of Nigeria. **Experimental Agriculture**, New York, v. 41, n. 2, p. 199-212, 2005.

KAMARA, A. Y.; MENKIR, A.; BADU-APRAKU, B. IBIKUNLE, O. Reproductive and stay-green trait responses of maize hybrids, improver open-pollinated varieties and farmers' local varieties to terminal drought stress. **Maydica**, Bergamo, v. 48, n. 1, p. 29-37, 2003.

LAFITTE, H. R.; EDMEADES, G. O. Improvement for tolerance to low soil-nitrogen in tropical maize. 1. Selection criteria. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 1-14, 1994.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.**, São Carlos: Rima-Artes & Textos, 531p. 2000.

LYNCH, J. P. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiol**, v. 109 p. 7–13. 1995.

LIU, M.; QI, H.; ZHANG, Z. P.; SONG, Z. W.; KOU, T. J.; ZHANG, W. J.; YU, J. L. Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to drought stress in two maize cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n. 34, p. 4751-4760, 2012.

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L.; VAN HEERDEN, P. D.; FOYER, C. H. Enhancing drought tolerance in C4 crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 9, p. 3135-3153, 2011.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T.; NASS, L. L. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p.127–136, 2011.

MAGALHÃES, P. C. DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, Milho e Sorgo, (Circular Técnica, 76), 10 p. 2006.

MAGALHAES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; CANTAO, F. D. O. Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico. **Embrapa Milho e Sorgo**. Circular Técnica 116, 6 p. 2009.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do Milho, **Embrapa Milho e sorgo**. Circular técnica 22, 23 p. 2002.

MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção de milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: EMBRAPA, SPI. p. 85-92. 1993.

MAGALHÃES, P. C.; RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C.; DURÃES, F. O. M.; SANS, L. M. A. **Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Goiânia, ABMS, p. 190. 1994.

MARTIN, T. N.; TOMAZELLA, A. L.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D.; FAVARIN J. L.; VIEIRA JUNIOR, P. A. Questões Relevantes na Produção de Sementes de Milho - Primeira Parte. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 119-138. 2007.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 353-360, 1989.

MEDICI, L. O.; PEREIRA, M. B.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Identification of maize lines with contrasting responses to applied nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 28, n. 5, p. 903-915, 2005.

MIR, R. R.; ZAMAN-ALLAH, M.; SREENIVASULU, N.; TRETOWAN, R.; VARSHNEY, R. K. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, n. 4, p. 625-645, 2012.

MONNEVEUX, P.; ZAIDI, P. H.; SANCHEZ, C. Population density and low nitrogen affects yield-associated traits in tropical maize. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 2, p. 535-545, 2005.

MOREIRA, M.; CAROLINA, A.; ALEMAN, C. C. Avaliações Morfofisiológicas na Fase Vegetativa de Milho Irrigado. in **Colloquium Agrariae**, V. 10, n. 2, 2014.

MOTTO, M.; MOLL, R. H. Prolifacy in maize: a review. **Maydica**, Bergamo, v. 28, p. 53-76, 1983.

MOURA, E. G.; TEIXEIRA, A. P. R.; RIBEIRO, V. S.; AGUIAR, A. C. F.; FARIAS, M. F. de. Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.) submetido a vários intervalos de irrigação na região da Pré-Amazônia. **Irriga**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2006.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize sorghum. **Crop Science**, v. 34, p. 721-727, 1994.

MUGO, S. N.; EDMEADES, G. O.; KIRUBI, D. T. Genetic improvement for drought tolerance increases tolerance to high plant density in tropical maize under low input levels. In: HALLAUER, A. R. International Symposium on Plant Breeding, 2003, Mexico City. **Book of abstracts**... Mexico City: CIMMYT, p. 50-51. 2003.

MUTEIA, H. Os desafios que se Colocam a Agricultura Mundial. **O País**, Lisboa – Portugal, p. 10. Fev., 2015.

OLUWARANTI, A.; AJANI, O. T. Evaluation of Drought Tolerant Maize Varieties under Drought and Rain-Fed Conditions: A Rainforest Location. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 7, p. 153, 2016.

OYEKUNLE, M.; BADU-APRAKU, B.; HEARNE, S.; FRANCO, J. Genetic diversity of tropical early-maturing maize inbreds and their performance in hybrid combinations under drought and optimum growing conditions. **Field Crops Research**, v. 170, p. 55-65, 2015.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GUIMARÃES, P. D. S.; BERNINI, C. S.; GALLO, P. B. Caracteres Secundários Relacionados a Tolerância a Seca em Progênies de Irmãos Germanos Interpopulacionais de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n 1, p. 130-144, 2015.

PAYERO, J. O.; MELVIN, S. R.; IRMAK, S.; TARKALSON, D. **Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management**, Orlando, v. 84, p. 101-112, 2006.

PIMENTEL, C.; ROSSIELO, R. O. P. Entendimento sobre relações hídricas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais...** EMBRAPA/CNPMS, v. 1, p. 131-146, 1995.

RIBAUT, J. M.; HOISINGTON, D. A.; DEUTSCH, J. A.; JIANG, C.; GONZALEZ-DE-LEON, D. Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. 1. Flowering parameters and the anthesis-silking interval. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 92, n. 7, p. 905-914, 1996.

RIBAUT, J. M.; JIANG, C.; GONZALEZ-DE-LEON, D.; EDMEADES, G. O.; HOISINGTON, D. A. Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize .2. Yield components and marker-assisted selection strategies. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 94, n. 6-7, p. 887-896, 1997.

RIBAUT, J.; EDMEADES, G. O.; BETRÁN, F. J.; JIANG, C.; BÄNZIGER, M. Marker-assisted selection for improving drought tolerance in tropical maize. In: International Workshop on Genetic Improvement for Water-Limited Environments, 1999, Los Baños. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, p. 193-209, 1999.

RITCHIE, J. T.; BURNETT, E.; HENDERSON, R. C. Dryland evaporative flux in a subhumid climate. 3. Soil water influences. **Agronomy Journal**, Madison v. 64, p. 168-173, 1972.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Informações agronômicas nº103: POTAFOS, 2003.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, Special Report, 48, 1989.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D. Milho: efeito da temperatura na duração e na taxa de crescimento de grãos. **Embrapa-trigo**, Boletim de pesquisa e desenvolvimento n.15, 2003.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante: parâmetros para modelos de crescimento**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 100 p. 2005.

SANGOI, L.; SALVADOR, R. J. Performance agronômica de genótipos de milho malesterile e fértil em duas populações de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 377-388, 1996.

SANTOS, M. J. Z. Mudanças climáticas e o planejamento agrícola. In: SANT'ANNA NETO, J. L. S; ZAVATINI, J. A. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá Editora:UEM. p. 65- 80, 2000.

SANTOS, M. X.; ANDRADE, C.; OLIVEIRA, A. C.; LEITE, C. E. P.; CARVALHO, H. W. L.; GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N. Selected and non-selected maize hybrids behavior for ASI under water stress in flowering and grain filling. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo (Brazil)**, v. 2, p 71-81, 2003.

SCHROEDER, J. I.; ALLEN, G. J.; HUGOUVIEUX, V.; KWAK, J. M.; WANER, D. Guard cell signal transduction. **Annual Review of Plant Physiology**, New York, v. 52, p. 627-658, 2001.

SCHUSSLER, J. R.; WESTGATE, M. E. Maize kernal set at low water potential., I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernal growth. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 1189-1195, 1991.

SHANI, U.; DUDLEY, L. M. Field studies of crop response to water and salt stress. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1522-1528, 2001.

SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 331, p. 215-225, 2008.

SHARMA, S.; CARENA, M. J. Grain quality in Maize (*Zea mays* L.): breeding implications for short-season drought environments. **Euphytica**, v. 212, n. 2, p. 247-260, 2016.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.

SHIOGA; P. S.; GERAGE; A. C. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 236-253, 2010.

SICHER, R. C.; BARNABY, J. Y. Impact of carbon dioxide enrichment on the responses of maize leaf transcripts and metabolites to water stress. **Physiologia Plantarum**, v. 144, p. 238–253, 2012.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C.; ROCHA, P. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. D.; COELHO, M. E.; LIMA, M. F. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.

SILVA, N. R.; ANDRADE, S. L. **Caracterização Climática do município de Jataí: Subsídio às atividades agrícolas**. Anais, XVI Encontro Nacional de Geógrafos. Porto Alegre - RS, 10 p. 2012.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiolog**, v. 13, p. 329-341, 1986.

SOUSA, R. S.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 49-60, 2015.

SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; MAGALHÃES, P. C.; LINO, L. O.; ALVES, E. T.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Morphophysiology, morphoanatomy, and grain yield under field conditions for two maize hybrids with contrasting response to drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 3201-3211, 2013.

SOUZA, T. C. D.; MAGALHÃES, P. C.; CASTRO, E. M. D.; DUARTE, V. P.; LAVINSKY, A. O. Corn root morphoanatomy at different development stages and yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 330-339, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p. 2013.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T. B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short-season environment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 219-223, 1978.

TRACHSEL, S.; KAEPLER, S. M.; BROWN, K. M.; LYNCH, J. P. Shovelomics: high throughput phenotyping of maize (*Zea mays* L.) root architecture in the field. **Plant and Soil**, v. 341, p.75-87, 2011.

USDA, 2017. USDA Agricultural Projections. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/oce081>. Acesso em: janeiro, 2017.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 281-289, 1999.

WESTGATE, M. E. Seed formation in maize during drought. In: BOOTE, K. J. et al. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison: Wisconsin, p. 361-364, 1994.

WU, Y.; HUANG, M.; WARRINGTON, D. N. Growth and transpiration of maize and winter wheat in response to water deficits in pots and plots. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 71, n. 1, p. 65–71, 2011.

XIAO, Y. N.; ZHANG, S. H.; LI, M. S. Identification of quantitative trait loci (QTLs) for flowering time using SSR marker in maize under water stress. **Korean Journal of Genetics**, Seoul, v. 26, n. 4, p. 405- 413, 2004.

XOCONOSTLE-CAZARES, B.; RAMIREZ-ORTEGA, F. A.; FLORES-ELENES, L.; RUIZ-MEDRANO, R. Drought tolerance in crop plants. **Am J Plant Physiol**, v. 5, n. 5, p. 1-16. 2010.

ZAIDI, P. H.; SRINIVASAN, G.; CORDOVA, H. S.; SANCHEZ, C. Gains from improvement for mid-season drought tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 135-152, 2004.

ZINSELMEIER, C.; LAUER, M. J.; BOYER, J. S. 1995. Reversing drought- induced losses in grain-yield: sucrose maintains embryo growth in maize. **Crop Science**. V. 35, p. 1390–1400. In: TADIEU F. Any trait or trait-related allele can confer drought tolerance: just design the right drought scenario. **Journal of Experimental Botany**, p. 1-7 2011.

ZHAN, A.; SCHNEIDER, H.; LYNCH, P.J. Reduced lateral root branching density improves drought tolerance in maize. **Plant Physiology**, v. 168, p. 1603-1615, 2015.

ZHU, J.; BROWN, K. M.; LYNCH, J. P. Root cortical aerenchyma improves the drought tolerance of maize (*Zea mays* L.). **Plant, Cell and Environment**, v. 33, p. 740-749, 2010.

CAPÍTULO 2

Estresse Hídrico Sobre Caracteres Agronômicos e Componentes de Produção em Populações de Milho

Resumo: A ocorrência de períodos de estiagem vem provocando diversas alterações nas estratégias agrícolas, Grande parte da área de milho cultivados no Brasil é de sequeiro, e as perdas em produtividade anual em decorrência da seca ficam em torno de 15% do potencial de rendimento total do milho. Deste modo, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do déficit hídrico sobre caracteres agronômicos e componentes de produção em genótipos de milho (*Zea mays* L.) e distinguir populações com maior tolerância ao estresse hídrico. O estudo foi realizado durante o período de safra 2015/2016, na área experimental da Universidade Federal de Goiás - Campus Jatobá, situado na cidade de Jataí/Goiás, Foram estudados 24 genótipos, sendo 12 populações oriundas de polinização aberta: CC1; CCV; CRE1; CRE2; CRE3; CRE1S; MPA; MPA1; TG2R; TG2RMV; NAPPMHG; CRV-02, 10 genótipos de geração F2 de híbridos comerciais: HSG1, HSG2, HSG3, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9 e HSG10 e duas testemunhas: DKB390 (tolerante) e BRS1030 (sensível). O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC), em um esquema fatorial 2 x 24, (2 épocas de plantio e 24 genótipos), com 4 repetições. Os caracteres avaliados foram: Florescimento Masculino e Feminino (FM e FF); Intervalo entre os florescimentos feminino e masculino em dias (IFMF); Altura de plantas (APL); Altura de espiga (AES); *Stay Green* (STG); Prolificidade média (PRL); Comprimento de espiga (CES); Diâmetro de espiga (DES); Peso hectolitro (PHCL) e Produtividade de grãos (PGR). Os genótipos CCV, CRE3 e TG2R são potenciais genótipos para uso em programas de melhoramento visando maior tolerância ao estresse hídrico. Estes genótipos não se diferem entre si para PGR sob déficit hídrico, com produtividade média de 5,76; 6,26; 5,59 e 4,48 t ha⁻¹, respectivamente. O intervalo de florescimento, diâmetro de espiga e *stay green* são bons indicativos como caracteres secundários na seleção de genótipos tolerantes ao estresse hídrico.

Palavras chave: *Zea mays* L. Caracteres secundários, deficit hídrico, tolerância a seca

Water Stress on Agronomic Traits and Production Components in Maize Populations

Abstract: The occurrence of estimation periods has been provoking several activities, increasing corn area cultivated in Brazil is rainfed, and as losses in annual productivity due to drought are around 15% of the total yield potential. The objective of this study was to evaluate the effect of water deficit on agronomic traits and production components on maize (*Zea mays* L.) genotypes and to distinguish populations with greater tolerance to water stress. The study was carried out during the period 2015/2016, in the experimental area of the Federal University of Goiás - Jatobá Campus, located in the city of Jataí / Goiás. Twenty-four genotypes were studied, 12 of which were pollinated: CC1; CCV; CRE1; CRE2; CRE3; CRE1S; MPA; MPA1; TG2R; TG2RMV; NAPPMHG; CRV-02, 10 genotypes of commercial hybrid F2 generation: HSG1, HSG2, HSG4, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9 and HSG10 and two testers: DKB390 (tolerant) and BRS1030 (sensitive). The experiment was conducted in randomized blocks (DBC), in a 2 x 24 factorial scheme, (2 planting times and 24 genotypes), with 4 reps. The traits are: Male and Female Flowering (FM and FF); Interval between female and male flowering in days (IFMF); Height of plants (APL); Ear Height (AES); Stay green (STG); Prolificity (PRL); Ear length (CES); Ear diameter (DES); Hectoliter weight (PHCL) and Grain yield (PGR). The genotypes CCV, CRE3 and TG2R are potential genotypes for use in breeding programs aiming at greater tolerance to water stress. These genotypes do not differ among themselves for PGR under water deficit, with productivity of 5.76; 6.26; 5.59 and 4.48 t ha⁻¹, respectively. The flowering interval, ear diameter and stay green are good indicative as secondary traits in the selection of water stress tolerant genotypes.

Keywords: *Zea mays* L. Secondary traits, water deficit, drought tolerance

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de períodos de estiagem está provocando alterações nas estratégias agrícolas, pois, modifica os regimes de precipitação, transforma o ambiente natural e as relações bióticas e abióticas (SOUSA et al., 2015). Dentre os fatores abióticos o estresse hídrico é o que provoca maiores perdas de produtividade nas lavouras. Por isso, o setor agrícola vem buscando a otimização no uso dos recursos hídricos, além da seleção de cultivares mais eficiente no consumo de água.

Parte da área de milho cultivados no Brasil é de sequeiro, e as perdas em produtividade anual em decorrência da seca ficam em torno de 15% do potencial de rendimento total do milho. No Brasil, as perdas de produtividade para a safra de 2015/2016, decorreram em função do forte estresse hídrico que impactou a produção, apresentando redução de 22% no cultivo de segunda safra (CONAB, 2016). Com isso o desenvolvimento de cultivares com maior capacidade de tolerar períodos prolongados de restrição hídrica se torna base prioritária, aliado a busca por maiores produtividades.

Populações adaptadas a ambientes diversos são fontes potenciais de alelos favoráveis relacionados a maior tolerância a estresses abióticos (MACHADO et al., 2011). Por isso diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de identificar caracteres agronômicos ligados à tolerância ao estresse hídrico. Porém muitos programas de melhoramento não têm tido sucesso no desenvolvimento de cultivares tolerante. A seleção para produção de grãos sobre estresse hídrico tem sido considerada ineficiente, em função da forte influência do ambiente sobre a herdabilidade do caractere, dificultando a seleção de genótipos superiores (CÂMARA, 2007).

Neste sentido, o estudo da correlação entre características agronômicas relacionadas a maior adaptação às condições de estresse, em populações de milho que apresentem ampla base genética, pode auxiliar na identificação de indivíduos superiores, além de contribuir para o desenvolvimento de técnicas de seleção que

poderão otimizar a exploração das interações entre genótipo e ambiente sob condições de estresse hídrico.

Deste modo objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do estresse hídrico sobre caracteres agronômicos e componentes de produção em genótipos de milho (*Zea mays* L.) e distinguir populações com maior tolerância ao estresse hídrico para possível uso em programas de melhoramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ambiente de condução do experimento

O estudo foi realizado durante o período de safra 2015/2016, na área experimental da Universidade Federal de Goiás - Campus Jatobá, situado na cidade de Jataí/Goiás, geograficamente localizado a uma altitude aproximada de 700 m, em latitude sul 17° 52' 53" e longitude oeste 51° 43' 52".

O clima da região segundo a classificação de Koopen é do tipo Aw, megatérmico, com estações bem definidas de seca (maio a setembro) e chuva (outubro a abril). Segundo INMET (2015), a temperatura média no inverno varia entre 10 °C e 27 °C, podendo a temperatura atingir valores menores que 5 °C, e no verão varia entre 18 °C e 35 °C, podendo chegar até 38 °C.

O experimento foi conduzido em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). A correção da acidez do solo por calagem e as recomendações de adubação foram realizadas de acordo com a análise do solo, realizada pelo laboratório de análises de solo da UFG, localizado no Campus Jatobá (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado da análise química do solo em profundidade de 0 a 20 cm, coletado na área experimental. Jataí/GO – 2016

pH (H ₂ O)	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P	MO	V
	-----Cmolc/dm ³ -----						Mg/dm ³	-----%-----	
4.95	5.82	0.97	0.19	0.22	1.33	7.15	4.85	3.5	18.55

P, K - Mehlich⁻¹; Ca, Mg – KCl

2.2 Genótipos

O experimento foi composto por genótipos formados por populações de polinização aberta de diferentes origens e por geração F2, de híbridos comerciais, recomendados para região do Sudoeste Goiano. As populações de polinização aberta foram formadas por 12 genótipos, com as seguintes denominações: CC1;

CCV; CRE1; CRE2; CRE3; CRE1S; MPA; MPA1; TG2R; TG2RMV; NAPPMHG; CRV-02.

- CC1: teve origem no composto formado com 6 diferentes fontes todas com potencial para tolerância ao calor, as populações utilizadas na formação deste composto foram: três introduzidas pela Embrapa; BR 5011 – Sertanejo (12,5%), BR 5028 - São Francisco (12,5%), BR 5033 - Asa Branca (12,5%); uma população CRIOULO (12,5%), procedente de Honduras, estas quatro populações foram inter cruzadas formando o composto preliminar I (50%); e outras duas populações locais GO-Dente (25%) e GO-Flint (25%) que também foram inter cruzadas formando o Composto preliminar II (50%), e então foram feitas recombinações entre o composto I e composto II, formando um só composto, para a extração de famílias (ANDRADE & MIRANDA FILHO, 2008);

- CCV: originada de CC1 com um ciclo de seleção e recombinação, nas condições do Sudoeste Goiano com incidência de estresse biótico e abiótico;

- CRE1, CRE2, CRE3: Populações obtidas do cruzamento entre linhagens endogâmicas (S_4) do CIMMYT (Colômbia), selecionadas para resistência ao complexo do enfezamento com testadores – 50% do material genético de cada –, sendo estes, respectivamente, o híbrido P3041, resistente ao complexo de enfezamento, e as populações CMS14 e ESALQ PB23, escolhidas pelo bom padrão de produtividade. As populações aqui utilizadas foram submetidas a dois ciclos de seleção recorrente para as condições do Sudoeste de Goiás;- CRE1S: População CRE1 submetida a seleção (20% mais produtivos) e recombinação;

- MPA: População obtida do projeto *Movimento de Pequenos Agricultores*;

- MPA1: Sintético obtido da recombinação de famílias S1 da população MPA com menor depressão endogâmica;

- TG2R: Tem origem em um sintético obtido de cruzamento de híbridos comerciais com potencial para prolificidade. Foram realizados dois ciclos de seleção recorrente para as condições do Sudoeste goiano;

- TG2RMV: Seleção e recombinação da população TG2R com foco em características adequadas para produção de milho verde;

- NAPPMHG: Híbrido interpopulacional entre NAPPM (originado na seleção para resistência a mancha de *Phaeosphaeria maydis*) e HG49 (híbrido comercial da região Sudoeste Goiano);

- CRV-02: Composto obtido de cinco híbridos comerciais com seleção para resistência a *Cercospora zea-maydis*.

A geração F2, de híbridos comerciais recomendados para região do Sudoeste Goiano foi formada por 10 genótipos, denominados HSG1, HSG2, HSG3, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9 e HSG10.

2.3 Estrutura e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 24, sendo 2 épocas de plantio e 24 genótipos, com 4 repetições, totalizando 196 unidades experimentais. O fator genótipos foi composto por 22 populações e duas testemunhas (DKB390 e BRS1030). Os genótipos utilizados como testemunhas são classificados, como tolerantes e sensíveis ao estresse hídrico, respectivamente, segundo Souza et al. (2016).

A unidade experimental foi constituída de 2 linhas de plantio com 4 metros de comprimento com densidade de plantio de 6 sementes m^{-1} , com espaçamento entre linhas de 0,90 metros. Aos 15 DAE (dias após a emergência) foi realizado o desbaste de uma planta por metro, quando necessário, objetivando uma densidade populacional de 40 plantas $parcela^{-1}$, aproximadamente 55 mil plantas ha^{-1} .

2.4 Épocas de plantio e dados climatológicos

De acordo com dados do INMET (2015), as precipitações ocorridas durante a estação de verão, entre os anos de 2006 e 2015 no município de Jataí, GO, registraram estiagens (veranicos) que variaram de 7 a 14 dias, aproximadamente, ocorrendo entre os meses de janeiro e fevereiro, ao longo dos respectivos anos. Durante este período as temperaturas máximas variaram entre 24° e 35°C e as mínimas entre 12° e 22°C. Neste período, as plantas estão entre as fases de florescimento e enchimento de grãos.

Os dados climatológicos relativos ao período experimental foram obtidos através de registros coletados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, em

estação meteorológica localizada no local do experimento na Universidade Federal de Goiás - Campus Jatobá, situado na cidade de Jataí/Goiás.

As épocas de plantio foram formadas por duas diferentes datas, sendo:

Ep1 - plantio realizado em 06/11/2015 e Ep2 - plantio realizado em 05/12/2015. As datas de plantio foram definidas com o objetivo de explorar o déficit hídrico decorrente do período de estiagem (veranico).

Durante o período de estiagem foram coletadas 8 amostras de solo em cada época de plantio (Ep1 e Ep2), em profundidade de 0 a 30 cm. As amostras foram levadas a estufa a 105°C por 48 horas para secagem. O peso inicial (P_0) e peso final (P_i) foram obtidos através de pesagem em balança analítica digital. A umidade do solo foi obtida através da seguinte expressão:

$$U_s (\%) = \frac{P_0 - P_i}{P_0} \times 100$$

em que:

U_s (%): umidade do solo, em porcentagem;

P_0 : peso inicial das amostras de solo (g);

P_i : peso final das amostras de solo (g).

A umidade do solo na capacidade de campo (CC) foi determinada no laboratório de análises de solo do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas. Foi registrado umidade de 30% na CC (33 Kpa) realizados em amostras de solo deformadas.

2.5 Características avaliados

- Florescimento Masculino e Feminino (FM e FF): foi determinado em GDU (unidade de graus dia), pelo número de dias da semeadura até que 50% das plantas de cada parcela tivessem, respectivamente, florescidas (antese e estilos-estigma visíveis), através da seguinte expressão:

$$GDU = \frac{T_{max.} + T_{min.} - T_b}{2}$$

em que:

$T_{max.}$: Temperatura máxima, em °C (com limite superior em 30°C);

$T_{min.}$: Temperatura mínima, em °C (com limite inferior em 10°C);

T_b : Temperatura basal, de 10°C.

- Intervalo entre os florescimentos masculino e feminino (IFMF): foi determinado pela diferença, em GDU, da antese e exposição do estilo-estigma das plantas da parcela.

- Altura de plantas (APL): foi determinada em metros após o estágio de maturação fisiológica do milho, obtida pela média de quatro plantas da parcela.

- Altura de espiga (AES): foi determinada em metros após o estágio de maturação fisiológica do milho, obtida pela média da altura de inserção da primeira espiga, em quatro plantas da parcela.

- *Stay Green* (STG): foi avaliado a partir da maturidade fisiológica dos grãos, através de escala diagramática, variando de 1 a 5, conforme metodologia sugerida por Costa et al. (2008), em que a nota 1 refere-se às plantas com todas as folhas verdes acima da espiga e pelo menos duas folhas verdes abaixo da espiga; nota 2, às plantas em que todas as folhas acima da espiga encontram-se verdes; nota 3, às plantas em que duas folhas acima da espiga estivessem secas e as demais verdes; nota 4, às plantas em que duas folhas acima da espiga da planta estivessem verdes; e nota 5, às plantas em que todas as folhas estavam secas (Figura 1).

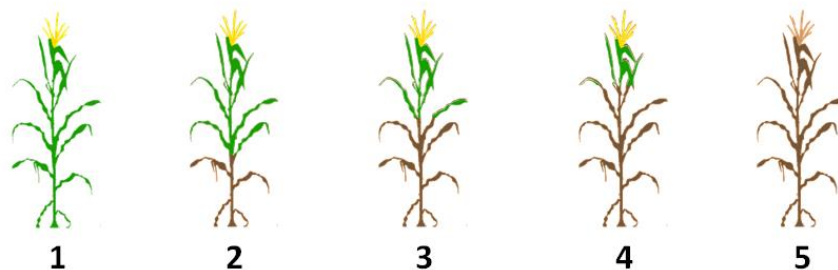


Figura 1. Escala diagramática para avaliação de *stay green* em plantas de milho (*Zea mays* L.), onde: 1 – representa plantas com todas as folhas verdes acima e pelo menos duas folhas a baixo da espiga e 5 – representa plantas com todas as folhas secas.

- Prolifidade média (PRL): foi obtido a partir da contagem do número de espigas por planta em cada parcela. Foram avaliadas todas as plantas da parcela.

Comprimento de espiga (CES) e Diâmetro de espiga (DES): média estimada através da medida em cm de quatro espigas de cada parcela.

- Peso hectolitro (PHCL): obtido por meio de determinador eletrônico portátil modelo G 650i, (marca Gehaka[®]). A determinação da umidade dos grãos colhidos foi realizada utilizando-se o mesmo equipamento. Em seguida a produtividade de grãos foi corrigida para a umidade padrão de 13%, utilizando-se a seguinte expressão matemática:

$$P_{13\%} = [PC (1 - U) / (1 - U_p)]$$

Em que:

P_{13%}: peso de grãos corrigidos a umidade padrão de 13%, em Kg parcela⁻¹;

PC: produtividade de grãos no campo, em Kg parcela⁻¹;

U: umidade de grãos observada na colheita;

U_p: umidade padrão de 0,13;

- Produtividade de grãos (PGR): expressada em toneladas ha⁻¹ e ajustada para uma população de 55.000 plantas. Foi obtida a partir da pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas da parcela (debulhados e limpos). A transformação de kg parcela⁻¹ para toneladas ha⁻¹ foi realizada posteriormente aos valores obtidos serem corrigidos para a umidade de 13%, a partir da aplicação da seguinte expressão matemática:

$$PG (t ha^{-1}) = (PP)/1000$$

Onde:

PG (t ha⁻¹): produtividade de grãos em toneladas ha⁻¹;

PP: produtividade de grãos por parcela em Kg parcela⁻¹;

2.6 Análise de dados e modelo estatístico

Para produtividade de grãos foi ajustado estande de plantas para 40 plantas parcela⁻¹, segundo o método de estande ideal proposto por Vencovsky & Cruz (1991).

Os resultados foram submetidos a análise de variância, segundo modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B_k + A_j + GA_{ij} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : refere-se ao valor observado no genótipo i , no ambiente j , na repetição k ;

m : média geral;

G_i : efeito fixo do genótipo i ;

B_k : efeito aleatório do bloco k ;

A_j : efeito fixo do ambiente j ;

GA_{ij} : efeito da interação entre o genótipo i , e o ambiente j ;

e_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

Foi realizada correlação de *Pearson*, para a época 1 (Ep1) e para a época 2 (Ep2), estimada a partir da utilização dos valores médios de todos os caracteres avaliados (ADEBAYO et al., 2014). O desempenho médio das populações foi comparado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as análises estatísticas foi utilizando o aplicativo estatístico GENES 6.9 (CRUZ, 2016).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com base nos dados registrados pela estação meteorológica foi calculado o balanço hídrico para as duas épocas de plantio (Ep1 e Ep2). A evapotranspiração total da cultura (ETc) durante a Ep1 foi de 337,38 mm, com uma média de 3,07 mm dia⁻¹. Durante a Ep2 foram registrados ETc total de 347,77 mm, com média de 3,16 mm dia⁻¹.

Ocorreu um período de estiagem (Veranico) de 16 dias com uma média de precipitação de 1,65 mm dia⁻¹, precipitados entre os dias após o plantio (DAP) 74 e 90 (Ep - 01) e 47 e 63 (Ep - 02), mais precisamente entre as datas 19/01/2016 a 03/02/2016, que compreende as fases R3 e R4 (Ep1) e VT e R1 (Ep2) (Figura 2). Durante o período de veranico foi registrada umidade média do solo de 20,3%, próximo de 67% da CC (Figura 3).

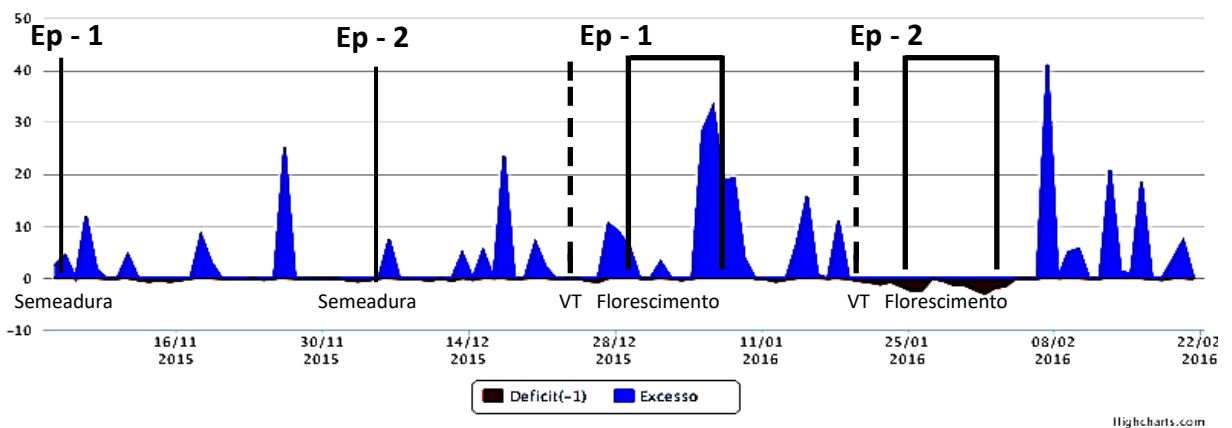


Figura 2. Balanço hídrico em mm de água, excedente (azul) e déficit (preto), durante o período de 06/11/2015 a 22/02/2016, correspondente ao estágio vegetativo VT e florescimento para as duas épocas de plantio (Ep1 e Ep2). Jataí/GO, INMET, (2016).

Os índices de umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima e intensidade pluviométrica durante o período encontram-se na Figura 4. A umidade relativa do ar apresentou variações entre 53,3 e 92,7% de umidade, com média de 75,7%, entre os dias registrados.

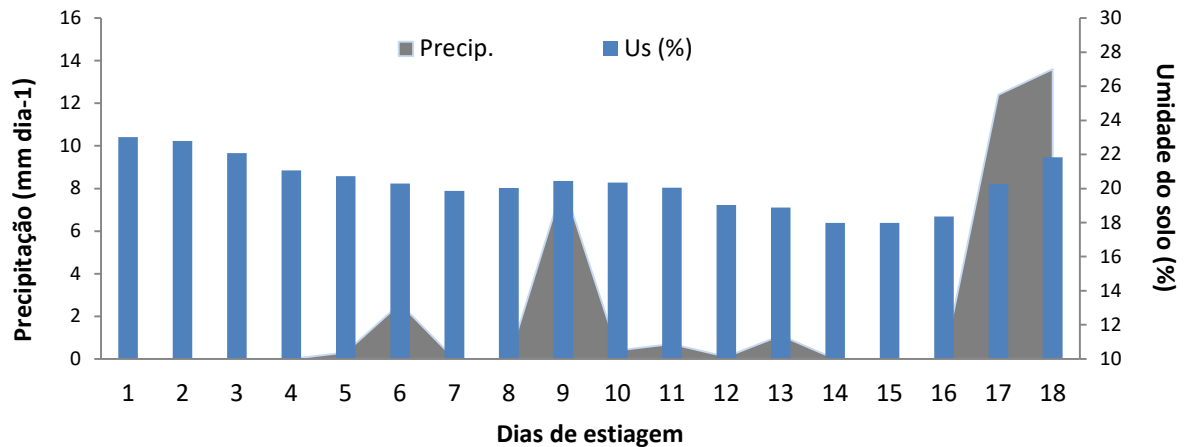


Figura 3. Umidade do solo e volume precipitado durante o período de estiagem (veranico), ocorrido entre as datas 19/01/2016 a 03/02/2016, nas fases R3 e R4 (Ep1) e VT e R1 (Ep2).

Durante o período de condução do experimento as temperaturas máximas variaram entre 26,0°C e 36,5°C, tendo como média 32,0°C e as temperaturas mínimas variaram entre 17,8° e 22,8°C, apresentando média de 20,9°C. A intensidade pluviométrica ocorrida durante a Ep1 registrou um total de 673,5 mm precipitados durante o período, gerando uma média de 6,3 mm dia⁻¹. Durante a Ep2 registrou-se um total de 893,1 mm precipitados, com média de 8,3 mm dia⁻¹.

De acordo com os resultados obtidos na análise de variância é possível observar que houve diferença significativa entre os genótipos, para todos os caracteres avaliados. O mesmo pode ser observado para épocas de plantio (Ep1 e Ep2), exceto para intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF) no qual não apresentou diferença significativa (Tabela 3). A detecção de diferenças significativas entre os genótipos permite afirmar que, para estes caracteres, os níveis de água no solo influenciaram no comportamento dos mesmos.

Houve interação significativa entre genótipos e época de plantio apenas para produtividade de grãos (PGR) e altura de espigas (AES). Este tipo de comportamento pode estar relacionado com nível da restrição hídrica ocorrida durante o período de pré-florescimento (Tabela 4). Segundo Silva et al. (2010) as perdas em produção podem variar com a intensidade e duração do déficit hídrico, sendo mais intensas quando ocorridas durante as fases mais críticas (florescimento e enchimento de grãos).

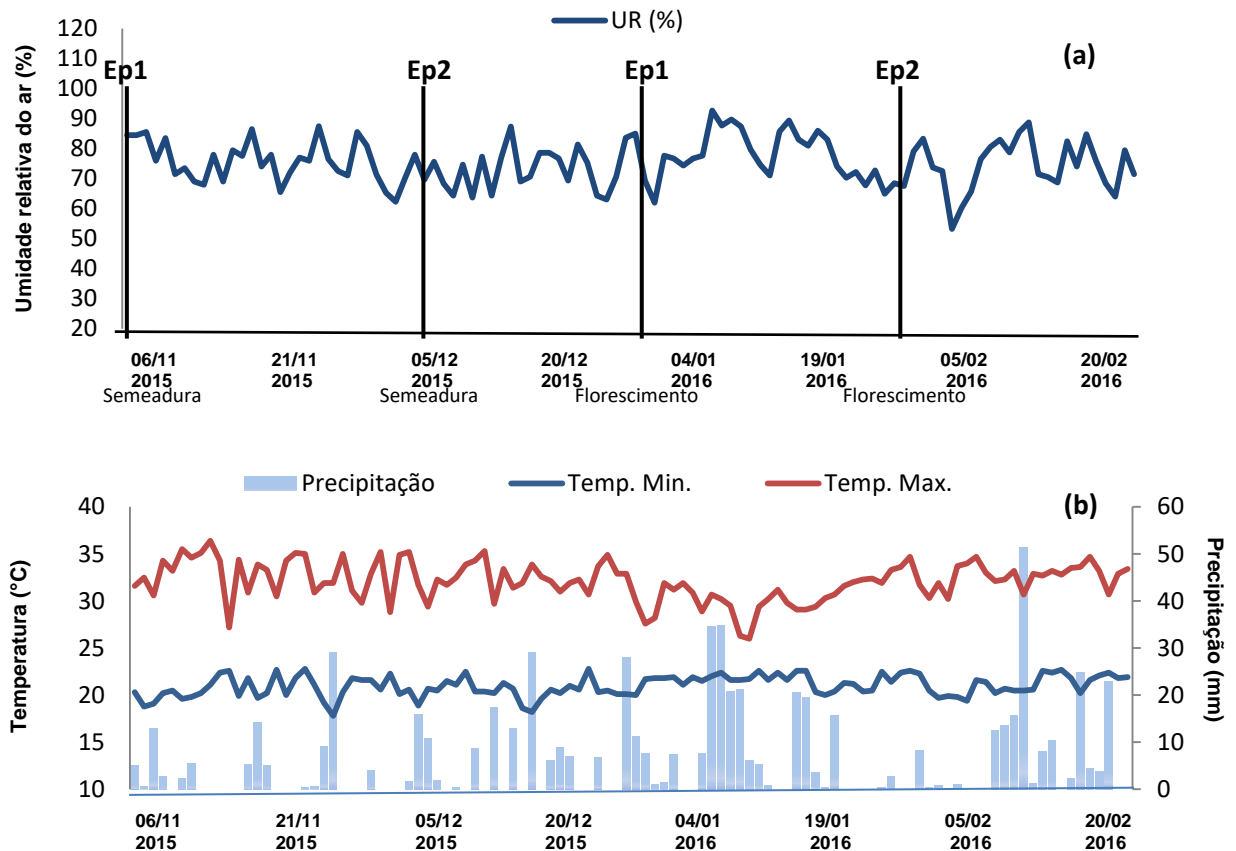


Figura 4. Variações de umidade relativa do ar em % (a), temperatura máxima (T. máx.), mínima (T. mín.), intensidade pluviométrica (precipitação) em milímetros dia⁻¹ (b), durante o período de 107 dias, transcorridos ao longo dos períodos, entre 06/11/2015 e 20/02/2016 (Época - 01) e 04/12/2015 e 18/03/2016 (Época - 02). Jataí/GO – 2016.

Menores notas de *stay green* são dadas as plantas com maior retardo de senescência de folhas (ARAUS et al. 2012). Estudando linhagens de milho Lu et al. (2011), observaram correlações negativas entre PGR e STG para o ambiente com estresse hídrico e sem estresse, ($r=-0,35$) e ($r=-0,51$), respectivamente. Deste modo é possível que plantas com *stay green* mais pronunciado tendem a ser mais produtivas, uma vez que correlações negativas STG e PGR também foram observadas para as duas épocas de plantio neste experimento, ($r=-0,75$) para Ep1 e ($r=-0,66$) para Ep2.

Segundo Smit & Singels (2006), o *stay green* mais pronunciado é uma das primeiras características visíveis em genótipos sensíveis ao estresse hídrico. Afirmando Souza et al. (2013) que genótipos tolerantes tendem a apresentar alta capacidade antioxidante, reduzindo assim a senescência foliar sob condição de

estresse. De acordo com Araus et al., (2012), dentre os caracteres secundários para seleção visando maior tolerância a seca, o *stay green* é o que apresenta maior correlação com rendimento de grãos e peso de sementes, o que é evidenciado no presente trabalho, principalmente quando o estresse ocorreu na fase de florescimento (Ep2), indicando uma correlação negativa entre notas para *stay green* e produtividade de grãos (-0,66), prolificidade ($r=-0,50$) e PHCT ($r=-0,46$), ou seja, quanto maior a senescência das folhas menor a produção (Tabela 5).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os caracteres agrônômicos: florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF) e intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF), em GDU, altura de planta (APL) e altura de espiga (AES), em m planta⁻¹ e *stay green* (STG). Jataí/GO – 2016

FV	GL	Quadrado Médio					
		FM	FF	IFMF ¹	APL	AES	STG
Blocos	3	1919,4	1231,6	193,4	0,03	0,002	0,23
Genótipo	23	4230 **	3173 **	749,7 **	0,25 **	0,13 **	7,17 **
Época	1	5655 **	3596 **	131,8 ns	6,09 **	2,72 **	16,92 **
G X A	23	315 ns	306 ns	163,6 ns	0,02 ns	0,02 **	0,37 ns
Resíduo	144	214,7	228,8	117,3	0,02	0,01	0,44
Média		900,79	897,87	3,0	2,58	1,35	2,95
CV(%)		1,63	1,68	11,15	5,42	6,97	22,38

ns – não significativo, * significativo a 5% de probabilidade, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F. ¹ dados transformados em X+100.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os componentes de produção: prolificidade (PRL), comprimento de espiga (CES) e diâmetro de espiga, em cm espiga⁻¹ (DES), produtividade de grãos, em t ha⁻¹ (PGR) e peso hectolitro, em kg 100 L⁻¹ (PHCT). Jataí/GO – 2016

FV	GL	Quadrado Médio				
		PRL	CES	DES	PGR	PHCT
Blocos	3	0,06	1,25	0,03	1642188	92,413
Genótipo	23	0,11 **	2,91 **	0,18 **	13751952 **	65,95 **
Época	1	0,72 **	55,52 **	0,63 ns	175236984 **	42,56 *
G X E	23	0,03 ns	1,44 ns	0,06 ns	1823450 *	7,49 ns
Resíduo	144	0,02	1,06	0,06	979882	5,21
Média		0,9	15,8	4,65	5539,98	71,13
CV(%)		15,91	6,52	5,18	17,87	3,21

ns – não significativo, * significativo a 5% de probabilidade, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Para a Ep1 houve correlação significativa entre PGR e DES ($r=0,46$). Quando os genótipos foram submetidos a Ep2 foram observadas correlações significativas

para PGR e APL ($r=0,55$) e PGR e DES ($r=0,59$). Estes resultados demonstram importante relação entre o caractere altura de plantas e produtividade, quando há ocorrência de estresse hídrico durante a fase de pré-florescimento, deste modo, é possível que plantas mais altas apresentem maior capacidade de tolerar períodos de déficit hídrico durante a fase crítica de desenvolvimento.

Estudando o efeito do estresse hídrico em genótipos de milho, Oluwaranti & Ajani (2016) não observaram correlações significativas entre PGR e APL para o ambiente ideal, em contrapartida no ambiente de estresse houve correlação significativa entre os caracteres, com um alto coeficiente de correlação ($r=0,80$). O mesmo ocorreu para a correlação entre PGR e DES, onde os autores também observaram um alto coeficiente de correlação ($r=0,92$).

Resultado semelhante ao deste experimento para correlações entre FF e FM, PGR e PRL e também para PGR e STG foram obtidos por Câmara et al. (2007). Correlação positiva entre PGR e PRL ($r=0,80$) e correlação negativa entre PGR e FF ($r=-0,70$) foi obtida por Adebayo et al. (2014). Neste experimento não foram observadas correlações significativas entre PGR e FF para as duas épocas (Ep1 e Ep2). De acordo com Câmara et al. (2007) o florescimento é um caractere de alta herdabilidade e pouco influenciado pelo ambiente. Em contraste, afirma Lopes et al. (2011), que o rendimento de grãos apresenta baixa herdabilidade e forte interação com ambiente, deste modo, pode não apresentar respostas lineares quando correlacionado a florescimento para o milho.

Segundo Câmara et al. (2007) baixo nível de estresse ou até a sua ausência pode contribuir para que alguns caracteres não influenciam na produtividade de grãos, apresentando assim ausência de correlação. Com isso, caracteres como PRL, DES e APL podem apresentar grande potencial de uso na seleção de genótipos tolerantes ao estresse hídrico, quando avaliados sob níveis de estresse próximos do obtido neste experimento, visto que estes caracteres apresentaram correlações significativas apenas para o ambiente com déficit hídrico ocorrendo na fase de florescimento (Ep2).

O caractere PRL apresentou correlação significativa com STG, PHCT e PGR para as duas épocas (Ep1 e Ep2). Para a Ep2, correlação significativa entre PRL e DES foi observado e para a Ep1, foi observado correlação entre PRL e CES. Deste modo, observa-se que a seleção com base em caracteres como prolificidade, tenderia a elevar a produção de grãos aumentando a sua densidade.

Tabela 5. Correlações de *Pearson* para época 1 (diagonal superior) e época 2 (diagonal inferior) para todos os caracteres estudados. Jataí/GO – 2016

	FM	FF	IFMF	APL	AES	STG	PRL	CES	DES	PHCT	PGR
FM	-	0,90**	-0,62**	0,22	0,17	-0,39	0,19	-0,21	-0,36	-	0,90**
FF	0,90**	-	-0,21	0,35	0,29	-0,15	0,11	-0,25	-0,32	0,90**	-
IFMF	-0,36	0,25	-	0,14	0,12	0,59**	0,23	0,01	0,22	-0,36	0,25
APL	0,28	0,33	0,23	-	0,82**	-0,11	0,19	0,37	0,49*	0,28	0,33
AES	0,31	0,23	-0,19	0,85**	-	-0,11	0,31	0,50*	0,60**	0,31	0,23
STG	-0,20	0,00	0,58*	-0,35	-0,35	-	-0,75**	-0,24	-0,22	-0,20	0,00
PRL	-0,09	-0,12	-0,02	0,35	0,22	-0,50*	-	0,41*	0,34	-0,09	-0,12
CES	0,25	0,16	-0,27	0,34	0,36	-0,23	0,00	-	0,49*	0,25	0,16
DES	-0,15	-0,08	0,20	0,41*	0,15	-0,32	0,49*	0,10	-	-0,15	-0,08
PHCT	-0,15	-0,19	-0,09	0,32	0,26	-0,46*	0,45*	0,39	0,22	-0,15	-0,19
PGR	-0,08	-0,18	-0,20	0,55**	0,51*	-0,66**	0,74**	0,19	0,59**	-0,08	-0,18

FM e FF - florescimento masculino e feminino, respectivamente, IFMF - intervalo entre florescimento masculino e feminino, APL - altura de planta, AES - altura de espiga, STG - *stay green*, PRL - prolificidade, CES - comprimento de espigas, DES - diâmetro de espigas, PHCT - peso hectolítrico e PGR - produtividade de grãos.

** Significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste de t.

A Ep2 proporcionou antecipação significativa no FM e FF, de 11 e 9 GDU, respectivamente, porém, não afetou o IFMF. Os caracteres APL, STG, PRL, CES, DES e PHCT também tiveram seus desempenhos comprometidos, quando submetidos a Ep2 (Tabela 6). Resultados opostos aos deste experimento foram obtidos por Souza et al. (2013), ao estudar dois genótipos contrastantes para tolerância ao estresse hídrico, em dois anos consecutivos, no qual observaram aumento no IFMF e ausência de diferença significativa entre os ambientes para comprimento de espigas.

Em estudo realizado no México, Cairns et al. (2013) avaliando diferentes genótipos de milho sob estresse hídrico observaram um aumento de 7,5 e uma redução de 4,3 dias na antese em dois anos experimentais, 2009 e 2010, respectivamente. No mesmo estudo os autores observaram que o IFMF apresentou um aumento de 0,38 e 0,06 dias, durante o mesmo período.

Para a característica altura de planta (APL), não houve interação significativa entre genótipos e épocas de plantio. Em média, os genótipos tiveram redução de aproximadamente 35 cm na altura, quando cultivados na Ep2 (Tabela 6). O mesmo comportamento não foi observado para altura de espiga (AES), que apresentou interação significativa entre genótipos e época de plantio (Tabela 3). Aparentemente os genótipos de milho tendem a apresentar variação diferenciada no alongamento do colmo acima e abaixo da espiga quando submetidos a condições de estresse hídrico.

De acordo com Silva et al. (2015), a medida que se prolonga o período de déficit hídrico a redução da altura de planta se torna mais evidente e conseqüentemente contribui de forma negativa com a produção de massa seca e produtividade de grãos. Afirma os autores que este comportamento apresenta correlação negativa entre altura de plantas e produtividade de grãos e 10 dias de veranico são suficientes para reduzir a altura de planta em aproximadamente 34 cm.

Estudos sobre o desenvolvimento vegetativo do milho demonstraram que o estresse hídrico na fase de pré-florescimento leva a reduções significativas na altura da planta (ARAUS et al., 2012). Estudando o efeito do estresse hídrico em genótipos de milho, em dois anos experimentais, Cairns et al. (2013) observou redução na altura de plantas de 38,2 e 19,2 cm, respectivamente. Deste modo é possível que a altura de plantas apresente restrições no uso como indicativo de genótipos

tolerantes, mas não como indicativo de ocorrência de estresse hídrico, de forma a comprometer o desempenho produtivo dos genótipos.

Aydinsakir et al. (2013), estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação no desempenho agrônômico de dois genótipos de milho, observou que irrigações com 25% da lâmina total irrigada foi suficiente para redução de 3 cm no DES, 0% para redução de 27,3 cm na APL e 0% para aumento de 1,3 dias no IFMF. Estudando dez variedades de milho em dois períodos (seco e chuvoso) Oluwaranti & Ajani (2016), não observaram diferença significativa entre períodos para APL, AES e CES. Em contrapartida, o estresse hídrico proporcionado pelo período seco foi suficiente para redução da PRL, DES e rendimento de grãos.

O estresse hídrico ocorrido neste experimento foi suficiente para afetar negativamente o desempenho dos genótipos, proporcionando menor APL e PRL, reduzindo o CES, DES e PHCT e acelerando a senescência de folhas. Com base nestes resultados observa-se que os caracteres secundários, tidos como indicadores de tolerância, apresentam comportamento variado e dependente do nível e intensidade do estresse e da sensibilidade dos genótipos em estudo.

Segundo Bergamaschi et al. (2004), o estresse hídrico no período crítico do milho afeta negativamente o número de espigas em genótipos sensíveis. O número de espigas nestas condições é drasticamente afetado com umidades de solo abaixo de 60% da capacidade de campo. Durante o período de estiagem ocorrido neste experimento o solo apresentou capacidade de campo média de 65%, variando entre 76 e 60% ao longo do período (Figura 3). Esta condição de umidade do solo pode ter contribuído para ausência de interação entre genótipos e época de plantio, mas não foi suficiente para suprimir a redução da prolificidade quando comparados, Ep -1 e Ep2 (Tabela 6).

Os genótipos CRV-02, MPA1, CCV, HSG1 e HSG8 apresentaram maior precocidade para FF, não diferindo estatisticamente das duas testemunhas BRS1030 e DKB390, que apresentaram média de florescimento de 869 e 859 GDU, respectivamente. Não houve interação significativa entre genótipos e época de plantio para esta característica (Tabela 7).

Segundo Câmara et al. (2007), os florescimentos masculino e feminino apresentam pouca interação com o ambiente e alta correlação entre si. Adebayo et al. (2014), avaliando híbridos de milho sob condições de estresse hídrico em

diferentes anos não observaram diferença significativa entre anos e também na interação híbrido e anos para florescimento feminino.

Tabela 6. Valores médios para florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF), intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF) em GDU, altura de plantas (APL) em m, *stay green* (STG), prolificidade de espiga (PRL), comprimento de espiga (CES) e diâmetro de espiga (DES) em cm e peso hectolítrico (PHCT) para épocas de plantio (Ep1 e Ep2). Jataí/GO – 2016

Épocas	FM	FF	IFMF	APL	STG	PRL	CES	DES	PHCT
Ep – 01	906 a	902 a	-4,0 a	2,75 a	2,65 b	0,96 a	16,34 a	4,59 a	71,60 a
Ep – 02	895 b	893 b	-2,0 a	2,40 b	3,65 a	0,84 b	15,26 b	4,71 a	70,66 b
Média Geral	901	898	-3,0	2,58	2,95	0,9	69,17	15,8	4,65
DMS	4,45	4,51	15,1	0,04	0,18	0,04	0,69	0,31	0,08
CV (%)	1,72	1,75	11,1	5,23	21,58	16,83	3,47	6,92	5,65

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O acúmulo de graus dia (GDU), registrados durante as duas épocas de plantio, indicou média de 15 GDU dia⁻¹, durante o período experimental. O intervalo entre florescimentos, ocorrido neste experimento, teve variação de 0,0 a 32 GDU, ou seja, um período máximo equivalente a dois dias. Segundo Martin et al. (2007), havendo estilo-estigmas viáveis uma polinização se completa em até três dias e os estilo-estigmas podem permanecer viáveis até oito dias dependendo das condições climáticas.

A maioria dos genótipos não apresentaram diferenças significativas quanto ao intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF). O genótipo BRS1030 apresentou maior intervalo entre florescimentos, 14,13 GDU (Tabela 7). De acordo com Cairns et al. (2013), genótipos que apresentam maiores IFMF indicam, aparentemente, maior sensibilidade a condição de estresse. Segundo Adebayo et al. (2014), para IFMF diferenças significativas entre ambientes podem não serem observadas ao estudar populações segregantes e/ou um grande número de genótipos simultaneamente.

No presente trabalho, a consequência do baixo sincronismo não pode ser detectada nos componentes primários da produção, pois, em virtude do número de populações com ciclos não coincidentes, o fluxo de pólen durante a fase reprodutiva é intensificado, disponibilizando um aporte de pólen durante toda a fase de florescimento. Aydinakir et al. (2013) estudando dois genótipos contrastantes para

tolerância ao estresse hídrico não observou diferença significativa para IFMF, entre os genótipos e na interação genótipo e níveis de irrigação.

Das populações formadas pela geração F2 de híbridos comerciais, destaca-se o genótipo HSG7, por apresentar alta precocidade (FF) e relativamente bom sincronismo (IFMF). O genótipo CCV apresentou maior precocidade, comparado ao genótipo CC1. Este resultado indica um significativo ganho na redução do ciclo após um ciclo de seleção e recombinação, realizada na população CC1, podendo deste modo, ser um genótipo promissor, como boa fonte gênica para esta característica.

Tabela 7. Valores médios para intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF), florescimento masculino (FM) e florescimento feminino (FF) em GDU. Jataí/GO – 2016

Genótipos	IFMF	FM	FF
CCV	0,13 ab	875,2 ijk	877,4 ghij
CC1	2,25 ab	875,5 ijk	889,6 defghi
CRE1	1,88 ab	916,7 bcde	918,6 abc
CRE1S	-5,88 ab	930,6 abc	920,7 abc
CRE2	0,00 ab	944,1 a	938,1 a
CRE3	5,63 ab	917,0 bcde	920,6 abc
MPA	-2,38 ab	907,2 cdefg	906,7 bcdef
MPA1	-4,25 ab	889,7 fghij	883,5 efghij
TG2R	-4,25 ab	911,5 cdef	905,2 bcdef
TG2RMV	-0,25 ab	917,1 bcde	914,8 abcd
NAPPMHG	-3,75 ab	895,5 efghij	889,7 defghi
CRV-02	10,13 a	869,5 jk	883,6 efghij
HSG1	0,00 ab	871,4 jk	875,3 hij
HSG2	0,00 ab	903,2 defgh	901,2 bcdefgh
HSG3	-8,00 ab	926,8 abcd	909,0 bcdef
HSG4	-3,75 ab	909,2 cdef	895,5 cdefghi
HSG5	0,25 ab	903,3 defgh	903,6 bcdefg
HSG6	0,00 ab	911,2 cdef	911,2 abcde
HSG7	0,00 ab	881,6 ghijk	881,6 fghij
HSG8	0,00 ab	879,3 hijk	875,2 hij
HSG9	6,38 ab	887,4 fghij	893,7 cdefghi
HSG10	-1,88 ab	938,4 ab	924,5 ab
BRS1030	-14,13 b	899,5 efghi	869,3 ij
DKB390	0,00 ab	857,5 k	859,5 j
Média geral	-0,91	900,8	897,9
DMS	21,75	26,1	27,7
CV%	11,15	1,63	1,68

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os genótipos dos grupos (CC1, CRE, MPA e TG2R), apresentaram maior altura de planta quando comparados aos genótipos formados pelas gerações F2 dos híbridos comerciais (HSG1, HSG2, HSG3, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9 e HSG10) (Tabela 8). Este comportamento pode estar relacionado a depressão por endogamia, expressa em decorrência da autofecundação dos híbridos comerciais (F1) para obtenção das populações S0.

Para altura de planta e espiga a depressão por endogamia apresenta alta magnitude (BOTELHO et al., 2016). Estudando o efeito da depressão por endogamia em híbridos S0, Bernini et al. (2013) observaram uma depressão por endogamia variando de 4,7 a 13,0% para altura de planta. Scapim et al. (2006), estudando componentes genéticos em milho-pipoca encontraram predominância de efeito aditivo e depressão por endogamia de 10% para altura de planta e espiga.

A endogamia pode comprometer a produtividade das populações de híbridos F2 frente às demais populações, porém pode colocar em evidência efeitos aditivos sobre os caracteres. Salienta-se que, em se tratando de híbridos com expressiva heterose, a queda de produção na geração F2 pode ocorrer em função da redução da heterose média expressa em F1, pois esta redução equivale a 1/2, 1/3 e 1/4 da heterose dos híbridos simples, triplos e duplos, respectivamente.

Os genótipos que apresentaram menores notas de *stay green*, indicando menor senescência das folhas, foram TG2R, TG2RMV, HSG3 e HSG10, não diferindo das testemunhas, BRS1030 e DKB390 (Tabela 8). Os genótipos CC1, HSG1 e HSG5, apresentaram as maiores notas. A Ep2 afetou negativamente a expressão de *stay green* para todos os genótipos, demonstrando deste modo que o estresse hídrico acelera a senescência de folhas em plantas de milho (Tabela 6).

O desenvolvimento de cultivares com boa tolerância ao estresse hídrico pode ser obtido pela utilização de índices de seleção sob *stay green* (Câmara et al., 2007). De acordo com Joshi et al. (2007), genótipos com alto *stay green* são mais adaptados a ambientes com déficit hídrico e com altas temperaturas. Deste modo o retardo da senescência foliar no período de enchimento de grãos pode permitir o aporte de fotoassimilados necessários para a garantia de peso médio de espigas mais elevados. Com isto genótipos que apresentem bom *stay green* tendem a ser mais tolerantes às condições de estresse.

Para prolificidade de espiga (PRL), os genótipos HSG5 e HSG6 apresentaram a menor prolificidade, com médias de 0,5 e 0,75 espigas plantas⁻¹, respectivamente.

A grande maioria dos genótipos não apresentou diferença significativa para esta característica, porém o estresse hídrico na Ep2 foi suficiente para reduzir aproximadamente 12,5% da prolificidade (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios para altura de planta, em m (APL), notas para *stay green* (STG) e prolificidade de espigas (PRL). Jataí/GO – 2016

Genótipos	APL	STG	PRL
CCV	2,69 abcdef	3,62 bcd	0,90 abc
CC1	2,74 abcd	3,87 abc	0,88 abc
CRE1	2,73 abcd	3,12 cdef	0,92 abc
CRE1S	2,80 ab	2,75 cdefg	0,80 bc
CRE2	2,83 a	2,62 defg	1,01 abc
CRE3	2,81 a	3,00 cdef	0,93 abc
MPA	2,70 abcde	3,12 cdef	0,92 abc
MPA1	2,80 abc	3,00 cdef	0,90 abc
TG2R	2,59 abcdefg	2,25 efgh	1,08 a
TG2RMV	2,66 abcdef	2,00 fgh	0,98 abc
NAPPMHG	2,55 bcdefgh	3,12 cdef	0,81 bc
CRV-02	2,71 abcd	3,37 bcde	1,00 abc
HSG1	2,29 ij	4,50 ab	0,83 abc
HSG2	2,26 j	3,37 bcde	0,82 abc
HSG3	2,53 defghi	1,62 gh	0,95 abc
HSG4	2,44 efghij	2,87 cdef	0,86 abc
HSG5	2,45 efghij	5,00 a	0,52 d
HSG6	2,45 efghij	3,37 bcde	0,75 cd
HSG7	2,31 hij	3,50 bcd	0,80 bc
HSG8	2,35 ghij	3,62 bcd	0,93 abc
HSG9	2,44 fghij	3,12 cdef	0,90 abc
HSG10	2,54 cdefghi	1,62 gh	1,01 abc
BRS1030	2,54 cdefghi	1,25 h	1,02 ab
DKB390	2,59 abcdefg	1,12 h	0,97 abc
Média geral	2,58	2,95	0,90
DMS	0,25	1,18	0,27
CV%	5,42	21,80	16,2

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Alves et al. (2002), ao estimar os componentes da variância genética e herdabilidade em uma população de milho observaram que a variância aditiva explicou no mínimo 75% da variação genética total, permitindo inferir a predominância dos efeitos aditivos no controle da prolificidade. Deste modo os genótipos formados por geração F2 de híbridos comerciais, HSG1, HSG3, HSG4,

HSG8, HSG9, HSG10 e HSG2 tendem ser promissores para seleção visando o desenvolvimento de linhagens com prolificidade mais elevada, visto que estes genótipos apresentaram melhor desempenho para a característica.

Para o caractere comprimento de espiga (CES) o genótipo HSG9 foi o único a apresentar menor comprimento de espiga, frente aos genótipos CRE1S, HSG7, TG2R, CCV, BRS1030, CC1, CRE1 e CRE2 (Tabela 9). O estresse hídrico sofrido pelos genótipos durante a Ep2 foi suficiente para redução no comprimento das espigas em aproximadamente 1,08 cm.

Estudando o efeito do estresse hídrico em milho em dois anos consecutivos, Souza et al. (2013) não observou diferença significativa entre os genótipos BRS1030 e DKB390 para o caractere comprimento de espiga. Segundo Akinwale et al. (2016) genótipos tolerantes ao estresse hídrico tendem a ter maior comprimento de espigas.

O efeito da época de plantio pouco afetou o diâmetro de espiga (DES), não apresentando diferença significativa entre Ep1 e Ep2. Para este caractere o genótipo HSG5 apresentou menor diâmetro de espiga, mesmo não apresentando diferença significativa da maioria dos genótipos. Os genótipos que se destacaram com maior diâmetro de espiga foram MPA1 e a testemunha DKB390, mesmo também não apresentando diferença significativa da maioria dos genótipos (Tabela 9).

Aydinsakir et al. (2013) estudando o comportamento de dois genótipos de milho em cinco diferentes níveis de irrigação, obtiveram diferenças significativas entre genótipos e entre níveis de irrigação, para diâmetro de espigas. Estes resultados corroboram em partes com os resultados obtidos neste experimento, qual não apresentou diferença entre épocas de plantio, indicando que a redução no diâmetro de espigas está ligada ao nível de estresse sofrido pelos genótipos.

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 6, o estresse hídrico sofrido na Ep2 foi suficiente para reduzir 0,94 Kg 100 L⁻¹ no peso hectolítrico (PHCT) dos genótipos. Os genótipos HSG5 e HSG6 apresentaram menor peso hectolítrico quando comparados aos demais genótipos (Tabela 9). O genótipo CRV-02, CRE1, HSG2, HSG10, HSG7, HSG8, MPA1 e TG2R apresentaram maior peso hectolítrico, não diferindo da testemunha BRS1030, produzindo assim sementes com maior densidade.

Tabela 9. Valores médios para peso hectolítrico (PHCT), comprimento de espiga (CES) e diâmetro de espigas, em cm (DES). Jataí/GO – 2016

Genótipos	PHCT	CES	DES
CCV	70,57 ab	16,37 a	4,81 ab
CC1	69,25 abcd	16,25 a	4,65 abc
CRE1	71,60 a	16,18 a	4,78 abc
CRE1S	69,33 abcd	16,59 a	4,59 abc
CRE2	69,87 abc	16,25 a	4,71 abc
CRE3	68,62 abcd	15,84 ab	4,78 abc
MPA	69,21 abcd	15,93 ab	4,68 abc
MPA1	70,83 a	15,56 ab	4,84 a
TG2R	70,78 a	16,43 a	4,71 abc
TG2RMV	69,72 abc	15,59 ab	4,62 abc
NAPPMHG	70,20 abc	15,93 ab	4,56 abc
CRV-02	71,90 a	15,96 ab	4,68 abc
HSG1	66,26 cde	14,90 ab	4,53 abc
HSG2	71,33 a	15,71 ab	4,37 bc
HSG3	70,16 abc	15,50 ab	4,37 bc
HSG4	65,21 de	15,96 ab	4,68 abc
HSG5	59,80 f	14,78 ab	4,34 c
HSG6	63,83 ef	14,96 ab	4,68 abc
HSG7	70,91 a	16,50 a	4,59 abc
HSG8	70,90 a	15,93 ab	4,56 abc
HSG9	66,55 bcde	14,15 b	4,78 abc
HSG10	71,31 a	15,50 ab	4,53 abc
BRS1030	71,51 a	16,34 a	4,75 abc
DKB390	70,30 abc	16,00 ab	4,93 a
Média geral	71,13	15,8	4,65
DMS	3,36	1,94	0,44
CV%	4,38	6,52	5,18

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todos os genótipos, exceto, HSG3 e PHSG5 apresentaram redução na altura de espiga quando submetidos a Ep2. Todos os genótipos formados por populações F2 de híbridos comerciais apresentaram menor altura de espiga, quando comparados as demais populações (Tabela 10). Este comportamento também pode ser observado para altura de plantas (Tabela 8). Podendo estar associado a maior depressão por endogamia.

Para Botelho et al. (2016), a depressão por endogamia apresenta alta magnitude para altura de espigas (AES), contribuindo assim para redução na (AES) em genótipos que apresentem maior depressão por endogamia. Bernini et al. (2013),

observou depressão por endogamia variando de 0,8 a 9,7% para altura de espigas, estudando o efeito da depressão por endogamia em híbridos S0. Segundo Scapim et al. (2006) a endogamia pode comprometer a produtividade das populações de híbridos F2 frente as demais populações, porém pode colocar em evidencia efeitos aditivos sobre os caracteres.

Oyekunle et al. (2015), estudando o efeito do estresse hídrico imposto aos 28 DAP até a maturação fisiológica, observou variação de 25 a 91 cm e 37 a 81 cm na altura de espiga no ambiente sob estresse e irrigado, respectivamente. Observa-se que no ambiente sob estresse houve maior amplitude na variação da AES. Estes resultados confirmam os obtidos neste experimento, onde a variação no alongamento do colmo dos genótipos na Ep2 foi 12 cm maior, comparado a variação obtida na Ep1. Deste modo infere-se que a Ep2 contribuiu de forma significativa na expressão da variabilidade existente entre os genótipos para resposta ao estresse (Tabela 10).

O melhor desempenho produtivo foi obtido na Ep1 pelos genótipos TG2RMV, HSG10, CRV-02, CRE1, MPA1, CRE3, CRE2 e pelas testemunhas BRS1030 e DKB390. Quando submetidos a condição de déficit hídrico, ocorrido durante a Ep2, as maiores produtividades médias foram obtidas pelos genótipos CRE3, CCV, TG2R e pelas testemunhas BRS1030 e DKB390 (Tabela 10). Os genótipos CRE3, CCV, TG2R e HSG9 apresentaram maior estabilidade de produção, não apresentando diferença significativa entre as épocas de plantio, Ep1 e Ep2.

Quando cultivado na Ep1 o genótipo CCV não apresentou diferença significativa, comparado ao genótipo CC1. Em contrapartida quando submetidos ao estresse hídrico o genótipo CCV apresentou maior tolerância, com maior produtividade, não apresentando diferença significativa entre Ep1 e Ep2, demonstrando uma significativa superioridade nos níveis de tolerância após ter sido submetido a uma geração de seleção sob condições estressantes. Estes resultados demostram que o CCV, CRE3 e TG2R são genótipos promissores para programas de melhoramento de populações e desenvolvimento de linhagens visando obtenção de maior tolerância ao estresse hídrico.

O genótipo, HSG9, obteve produtividade média de 5,29 t ha⁻¹ na Ep1 e 4,48 t ha⁻¹ na Ep2. Este genótipo apresentou uma produtividade significativamente inferior aos genótipos CCV, CRE3 e TG2R (Tabela 10). Este comportamento pode estar relacionado a depressão endogâmica, ocorrida em função da autofecundação

realizada na formação das populações F2 dos híbridos comerciais. Em contrapartida o genótipo HSG9 não obteve alteração significativa na média de produtividade quando submetido a condição de estresse hídrico, demonstrando estabilidade de produção.

Tabela 10. Valores médios para altura da espiga, em m (AES) e produtividade de grãos, em toneladas ha⁻¹ (PGR). Jataí/GO – 2016

Genótipos	AES		PGR	
	Ep1	Ep- 2	Ep1	Ep2
CCV	1,61 A abc	1,36 B abcd	5,33 A de	5,75 A abc
CC1	1,56 A abcd	1,25 B abcdefgh	6,36 A bcde	4,45 B bcdef
CRE1	1,74 A a	1,28 B abcdefg	7,42 A abcd	5,05 B bcde
CRE1S	1,59 A abc	1,38 B abc	5,71 A cde	4,27 B bcdef
CRE2	1,66 A ab	1,47 B a	7,12 A abcd	5,21 B bcde
CRE3	1,62 A abc	1,41 B ab	7,25 A abcd	6,23 A ab
MPA	1,52 A abcde	1,24 B abcdefgh	7,04 A bcd	4,28 B bcdef
MPA1	1,67 A ab	1,39 B abc	7,49 A abcd	4,62 B bcde
TG2R	1,56 A abcd	1,22 B abcdefgh	6,95 A bcde	5,58 A abcd
TG2RMV	1,50 A abcdef	1,32 B abcde	8,22 A abc	5,38 B bcd
NAPPMHG	1,46 A bcdef	1,26 B abcdefg	5,54 A de	4,01 B bcdef
CRV-02	1,41 A cdefg	1,21 B abcdefgh	7,53 A abcd	5,17 B bcde
HSG1	1,39 A cdefg	1,05 B fgh	4,41 A ef	3,29 A cdef
HSG2	1,29 A efg	1,15 B cdefgh	5,33 A de	3,07 B def
HSG3	1,39 A cdefg	1,27 A abcdefg	6,20 A cde	4,55 B bcde
HSG4	1,43 A bcdefg	1,04 B gh	5,39 A de	3,71 B bcdef
HSG5	1,20 A g	1,18 A abcdefgh	2,25 A f	1,89 A f
HSG6	1,44 A bcdefg	1,13 B defgh	6,27 A bcde	2,78 B ef
HSG7	1,26 A fg	1,06 B fgh	5,65 A cde	3,95 B bcdef
HSG8	1,30 A efg	1,11 B efg	6,94 A bcde	4,31 B bcdef
HSG9	1,30 A efg	1,01 B h	5,29 A de	4,48 A bcde
HSG10	1,32 A defg	1,10 B efg	7,60 A abcd	4,51 B bcde
BRS1030	1,45 A bcdef	1,30 B abcdef	9,70 A a	7,96 B a
DKB390	1,47 A bcdef	1,22 B abcdefgh	8,81 A ab	5,41 B abcd
Média indiv.	1,46	1,23	6,49	4,58
Média geral		1,34		5,54
DMS ¹		0,13		1,38
DMS ²		0,24		2,58
CV%		6,97		17,87

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença mínima significativa para ambiente (DMS¹) e para genótipos (DMS²).

Dos genótipos mais adaptados a condição de estresse, os genótipos CCV e CRE3 apresentaram notas intermediárias de *stay green*. Enquanto uma das

melhores notas de *stay green* foi obtida pelo genótipo TG2R e pelas testemunhas BRS1030 e DKB390. O genótipo CCV apresentou maior precocidade para florescimento feminino e baixo intervalo de florescimento. Juntamente com o CRE3 e TG2RMV o genótipo CCV apresentou maior altura de plantas e maior diâmetro de espigas.

Vadez et al. (2013) destacam a necessidade de desenvolver métodos que permitam uma medição precisa e dinâmica da utilização da água em momentos chave, juntamente com as avaliações agronômicas relevantes de materiais vegetais, para avaliar criticamente as relações entre os padrões de extração de água e a produção de grãos. Deste modo, caracteres morfológicos e agronômicos podem ter seu desempenho encoberto pelo efeito do ambiente e a seleção com base em caracteres secundários perde sua acurácia.

Os genótipos mais tolerantes, ou seja, que apresentem melhor resposta agronômica sob condições de estresse hídrico podem não apresentar maior produtividade de grãos. Para o milho fatores como a heterose, a adaptabilidade ao ambiente de cultivo e a base genética dos genótipos podem apresentar forte relação com o rendimento. Deste modo o estudo de caracteres secundários visando a obtenção de genótipos mais tolerantes, se faz necessário, quando se objetiva a introgressão de caracteres que imprimem tolerância ao estresse hídrico em híbridos comerciais ou variedades que apresentem bom potencial produtivo.

4. CONCLUSÃO

A redução na altura de planta é um indicativo de ocorrência de estresse hídrico durante a fase de florescimento em genótipos de milho.

Os caracteres *stay green*, intervalo de florescimento e diâmetro de espigas são bons indicativos como caracteres secundários na seleção de genótipos tolerantes ao estresse hídrico.

Os genótipos CCV, CRE3 TG2R são potenciais genótipos para uso em programas de melhoramento visando obtenção de tolerância ao estresse hídrico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEBAYO, M. A.; MENKIR, A.; BLAY, E.; GRACEN, V.; DANQUAH, E.; HEARNE, S. Genetic analysis of drought tolerance in adapted x exotic crosses of maize inbred lines under managed stress conditions. **Euphytica**, v. 196, 261 p. 2014.
- AKINWALE, R. O.; FAKOREDE, M. A. B.; OLUWARANTI, A.; BADU-APRAKU, B.; ADEJUMOBI, I. I. Selection criteria for drought tolerance at the vegetative phase in early maturing maize. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 20, p. 816-822, 2016.
- ALVES, G. F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. Alterações nas propriedades genéticas da população CMS-39 submetida à seleção massal para a prolificidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 89-101, 2002.
- ANDRADE, J. A. D. C.; MIRANDA FILHO, J. B. D. Quantitative variation in the tropical maize population, ESALQ-PB1. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 2, p. 174-182, 2008.
- ARAUS, J. L.; SERRET, M. D.; EDMEADES, G. O. Phenotyping maize for adaptation to drought. **Front Physiol** v. 3, n. 1, 28 p. 2012.
- AYDINSAKIR, K.; ERDAL, S.; BUYUKTAS, D.; BASTUG, R.; TOKER, R. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. **Agricultural water management**, v. 128, p. 65-71, 2013.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G., COMIRAN, F., & HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.
- BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIIMARÃES, P. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013.
- BOTELHO, F. B. S.; BRUZI, A. T.; LIMA, I. P.; RODRIGUES, C. S.; BOTELHO, R. D. C. Inbreeding depression in single, three way and double-cross hybrids of maize. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 15, n. 3, 7 p. 2016.
- CAIRNS, J. E.; CROSSA, J.; ZAIDI, P. H.; GRUDLOYMA, P.; SANCHEZ, C.; ARAUS, J. L.; THAITAD, S.; MAKUMBI, D.; MAGOROKOSHO, G.; BÄNZIGER, M.; MENKIR, A.; HEARNE, S.; ATLIN, G. N. Identification of drought, heat, and

combined drought and heat tolerant donors in maize. **Crop Science**, v. 53, n. 4, p. 1335-1346, 2013.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA, C. L. Jr. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados a tolerância a deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CONAB, 2016. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo primeiro levantamento, outubro/2016. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 24 ago. 2016.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 353 p. 2013.

FAO. OCDE-FAO Perspectivas agrícolas 2015 – 2024. Disponível em: <http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>. Acesso em 05/04/2017.

INMET. Dados Históricos, 2015. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 20 de agosto de 2015.

JOSHI, A. K.; KUMARI, M.; SINGH, V. P.; REDDY, C. M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. *Stay green* trait: variation, inheritance, and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 153, p. 59-71, 2007.

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L.; VAN HEERDEN, P. D.; FOYER, C. H. Enhancing drought tolerance in C4 crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 9, p. 3135-3153, 2011.

LU, Y.; HAO, Z.; XIE, C.; CROSSA, J.; ARAUS, J. L.; GAO, S.; VIVEK, B. S.; MAGOROKOSHO, C.; MUGO, S.; MAKUMBI, D.; TABA, S.; PAN, G.; LI, X.; RONG, T.; ZHANG, S.; XU, Y. Large-scale screening for maize drought resistance using multiple selection criteria evaluated under water-stressed and well-watered environments. **Field Crops Research**, v. 124, n. 1, p. 37-45, 2011.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T.; NASS, L. L. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p.127–136, 2011.

MARTIN, T. N.; TOMAZELLA, A. L.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D.; FAVARIN J. L.; VIEIRA JUNIOR, P. A. Questões Relevantes na Produção de Sementes de Milho - Primeira Parte. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 119-138. 2007.

OLUWARANTI, A.; AJANI, O. T. Evaluation of Drought Tolerant Maize Varieties under Drought and Rain-Fed Conditions: A Rainforest Location. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 7, 153 p. 2016.

OYEKUNLE, M.; BADU-APRAKU, B.; HEARNE, S.; FRANCO, J. Genetic diversity of tropical early-maturing maize inbreds and their performance in hybrid combinations under drought and optimum growing conditions. **Field Crops Research**, v. 170, p. 55-65, 2015.

SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RODOVALHO, M. A.; SILVA, R. M.; MORTELE, L. M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. *Ciência Rural*, v.36, p.63-69, 2006.

SILVA, F. A.; FREITAS, F. C.; ROCHA, P. R.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. D.; COELHO, M. E.; LIMA, M. F. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.

SILVA, M. A. V.; FERREIRA, W. P. M.; DE ANDRADE, V. M. S.; ARAUJO, S. G. A. Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Ceres**, v. 57, n. 4, 2010.

SOUSA, M. I. F.; BARBOSA, J. J.; COSTA, C. T. F. Uma Reflexão Sobre Mudanças Climáticas, Saúde e Meio Ambiente no Semiárido Nordeste. **Saúde Meio Ambiente**. v. 4, n. 2, p. 61-77, 2015.

SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; MAGALHÃES, P. C.; LINO, L. O.; ALVES, E. T.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Morphophysiology, morphoanatomy, and grain yield under field conditions for two maize hybrids with contrasting response to drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 3201-3211, 2013.

SOUZA, T. C. D.; MAGALHÃES, P. C.; CASTRO, E. M. D.; DUARTE, V. P.; LAVINSKY, A. O. Corn root morphoanatomy at different development stages and yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 330-339. 2016.

VADEZ, V.; KHOLOVA, J.; ZAMAN-ALLAH, M.; BELKO, N. Water: the most important 'molecular' component of water stress tolerance research. **Functional Plant Biology**, v. 40, n. 12, p. 1310-1322, 2013.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção do rendimento de parcelas com estandes variados. I. Dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 647-657, 1991.

CAPITULO 3

Estresse Hídrico Sobre Caracteres Morfofisiológicos em Populações de Milho

Resumo: Em condições de clima tropical, o déficit hídrico em períodos críticos é uma das principais limitações para a produção de milho (*Zea mays* L.). Para obtenção de genótipos mais tolerantes a estresse hídrico é necessário maior conhecimento das relações entre fatores biológicos e climáticos. Uma alternativa promissora é o estudo de caracteres morfofisiológicos relacionados a tolerância ao déficit hídrico. Diante disto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do estresse hídrico sobre caracteres morfofisiológicos de genótipos de milho e distinguir populações com maior potencial para uso em programa de melhoramento visando maior tolerância a seca. O estudo foi realizado durante o período de safra 2015/2016, em casa de vegetação, na área experimental da Universidade Federal de Goiás - Campus Jatobá, na cidade de Jataí/Goiás. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 25, com dois níveis de irrigação (IR – irrigado próximo a 100% da capacidade de campo CC, em todo o ciclo da cultura e ES – irrigado próximo a 50% da CC a partir do pré-florescimento), e 25 genótipos, sendo 12 populações oriundas de polinização aberta: CC1; CCV; CRE1; CRE2; CRE3; CRE1S; MPA; MPA1; TG2R; TG2RMV; NAPPMHG; CRV-02, 11 genótipos de geração F2 de híbridos comerciais: HSG1, HSG2, HSG3, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9, HSG10 e HSG11 e duas testemunhas: DKB390 (tolerante) e BRS1030 (sensível). A unidade experimental foi composta por 2 vasos de polietileno, com duas plantas por vaso. Os caracteres avaliados foram: Florescimentos Masculino e Feminino (FM e FF); Intervalo entre os florescimentos masculino e feminino, em dias (IFMF); Massa seca da parte aérea (MSA); Massa seca da raiz (MSR); Razão entre massa seca da raiz e parte aérea (RMSRA); Altura de plantas e espigas (APL e AES); Ângulo de raiz (AGR) e Índice de clorofila total (ICT) nos estádios fenológicos VT, R1 e R3. Os genótipos CRE2, HSG4, CRV-02 e HSG9 apresentaram menores variações nos índices de clorofila total, nos estádios VT e R1 para os dois ambientes. O genótipo CCV apresentou expressiva redução no ICT nos mesmos estádios de avaliação e quando submetido ao estresse hídrico, porém, não apresentou diferença significativa no acúmulo de massa seca da parte aérea e raiz nos dois ambientes, IR e ES. O estresse hídrico ocorrendo após o pré-florescimento compromete o desenvolvimento vegetativo do milho, promovendo redução na altura de plantas, massa seca da parte aérea e raiz.

Palavras chave: *Zea mays* L. Caracteres secundários, índices de clorofila, tolerância a seca, restrição hídrica

Water stress on morphophysiological traits in corn populations

Abstract: Under tropical climate conditions, water deficit at critical periods is one of the main limitations for maize production (*Zea mays* L.). To obtain genotypes that are more tolerant to water stress, a better knowledge of the relationships between biological and climatic factors is necessary. A promising alternative is the study of morphological traits related to water deficit tolerance. Therefore, the objective of this work was to evaluate the stress on the morphophysiological traits of maize genotypes and to distinguish populations with greater potential for use in a breeding program aiming at greater drought tolerance. The experiment was carried out in a randomized complete block design, in a 2 x 25 factorial scheme, in a greenhouse at the Federal University of Goiás - Campus Jatobá, in the city of Jataí / Goiás. , With two irrigation levels (IR - irrigated near 100% CC field capacity, throughout the crop cycle and ES - irrigated close to 50% of CC From pre - flowering), and 25 genotypes, of which 12 Populations from open pollination: CC1; CCV; CRE1; CRE2; CRE3; CRE1S; MPA; MPA1; TG2R; TG2RMV; NAPPMHG; CRV-02, 11 commercial hybrid F2 generation genotypes: HSG1, HSG2, HSG3, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9, HSG10 and HSG11 and two testers: DKB390 (tolerant) and BRS1030 (sensitive). An experimental unit consisting of 2 polyethylene pots, with two plants per pot. The traits are: Male and Female Flowers (FM and FF); Interval between female and male flowers in days (IFMF); Dry shoot mass (MSA); Dry root mass (MSR); Ratio between dry matter and aerial ration (RMSRA); Height of plants and ears (APL and AES); Root angle (AGR) and total chlorophyll index (ICT) in the phenological stages VT, R1 and R3. The genotypes CRE2, HSG4, CRV-02 and HSG9 presented lower variations in the total chlorophyll index, in the VT and R1 stages for both environments. The CCV genotype presented significant non-ICT reduction in the same stages of evaluation and when submitted to water stress, however, did not present significant difference in the accumulation of dry mass of shoot and root in the two environments, IR and ES. Water stress occurring after pre-flowering compromises the vegetative development of maize, promoting reduction in plant height, dry mass of shoot and root.

Key words: *Zea mays* L. Secondary traits, chlorophyll indices, drought tolerance, water restriction

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies comerciais de maior diversidade genética, tanto para rendimento de grãos quanto para caracteres agrônômicos específicos. Sua ampla capacidade de adaptação associado ao seu sistema reprodutivo faz do milho um dos cereais mais cultivados do mundo. Ainda assim, o desenvolvimento de genótipos de milho deve ser realizado de forma específica, levando em conta as variações climáticas, as épocas de cultivo e os fatores bióticos e abióticos.

Em condições de clima tropical, a restrição hídrica em períodos críticos é uma das principais limitações para a produção de milho e a utilização de genótipos tolerantes tem sido apontada como a solução para o aumento da produtividade (SANTOS et al., 2003). Para obtenção de genótipos tolerantes é necessário maior conhecimento das relações entre fatores biológicos e climáticos.

Uma alternativa promissora é o estudo de características morfológicas, além de um maior conhecimento dos mecanismos fisiológicos responsáveis pela diferenciação dos genótipos sob condição de seca, que por vez pode facilitar o processo de geração de novas cultivares tolerantes ao déficit hídrico (PATERNIANI et al., 2015). Por isso a busca pela compreensão do comportamento de genótipos de milho com base em caracteres secundários vem se tornando prática cada vez mais constante.

Em condições de estresse hídrico, o emprego de caracteres secundários pode melhorar a eficiência da seleção. Para isso, estes caracteres devem apresentar alto valor adaptativo ao estresse, alta herdabilidade, correlação genética alta e significativa com a produção de grãos e que sejam de fácil mensuração (BÄNZINGER et al., 2000, KAMARA et al., 2003). Neste sentido, a identificação de caracteres que indicam adaptabilidade de genótipos às condições de estresse possibilita a realização de estudos em ambiente controlado sob maior precisão experimental e menor interferência do ambiente.

Diante disto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do estresse hídrico sobre caracteres morfofisiológicos de genótipos de milho e distinguir populações com maior potencial de uso em programa de melhoramento visando tolerância a seca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ambiente de condução do experimento

O estudo foi realizado durante o período de safra 2015/2016, na área experimental da Universidade Federal de Goiás - Campus Jatobá, situado na cidade de Jataí/Goiás, geograficamente localizado a uma altitude aproximada de 700 m, em latitude sul 17° 52' 53" e longitude oeste 51° 43' 52".

O clima da região segundo a classificação de Koopen é do tipo Aw, megatérmico, com estações bem definidas de seca (maio a setembro) e chuva (outubro a abril). Segundo INMET (2015), a temperatura média no inverno varia entre 10 °C e 27 °C, podendo a temperatura atingir valores menores que 5 °C, e no verão varia entre 18 °C e 35 °C, podendo chegar até 38 °C.

O estudo foi conduzido em casa de vegetação. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Escuro Distroférrico (EMBRAPA, 2013), coletado em solo de horizonte B no próprio Campus. A correção da acidez do solo por calagem e as recomendações de adubação foram realizadas de acordo com laudo de análises de solo, realizado pelo laboratório de análises de solo da UFG, localizado no Campus Jatobá (Tabela 11).

Tabela 11. Resultado da análise química do solo originário de horizonte B utilizado nos vasos experimentais. Jataí/GO – 2016

pH (H ₂ O)	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P	MO	V
	-----Cmolc/dm ³ -----					Mg/dm ³	-----%-----		
4.8	3.7	0.52	0.1	0.04	0.66	4.4	0.4	2.6	15

P, K - Mehlich⁻¹; Ca, Mg – KCl

2.2 Genótipos

O experimento foi composto por genótipos formados por populações de polinização aberta de diferentes origens e por geração F2 de híbridos comerciais, recomendados para região do Sudoeste Goiano.

As populações de polinização aberta foram formadas por 12 genótipos, com as seguintes denominações: CC1; CCV; CRE1; CRE2; CRE3; CRE1S; MPA; MPA1; TG2R; TG2RMV; NAPPMHG; CRV-02.

- CC1: teve origem no composto formado com 6 diferentes fontes todas com potencial para tolerância ao calor, as populações utilizadas na formação do composto foram: três introduzidas pela Embrapa; BR 5011 – Sertanejo (12,5%), BR 5028 - São Francisco (12,5%), BR 5033 - Asa Branca (12,5%); uma população CRIOULO (12,5%), procedente de Honduras, estas quatro populações foram inter cruzadas formando o composto preliminar I (50%); e outras duas populações locais GO-Dente (25%) e GO-Flint (25%) que também foram inter cruzadas formando o Composto preliminar II (50%), e então foram feitas recombinações entre o composto I e composto II, formando um só composto, para a extração de famílias (ANDRADE & MIRANDA FILHO, 2008);

- CCV: originada de CC1 com um ciclo de seleção e recombinação, nas condições do Sudoeste Goiano com incidência de estresse biótico e abiótico;

- CRE1, CRE2, CRE3: Populações obtidas do cruzamento entre linhagens endogâmicas (S_4) do CIMMYT (Colômbia), selecionadas para resistência ao complexo do enfezamento com testadores – 50% do material genético de cada –, sendo estes, respectivamente, o híbrido P3041, resistente ao complexo de enfezamento, e as populações CMS14 e ESALQ PB23, escolhidas pelo bom padrão de produtividade. As populações aqui utilizadas foram submetidas a dois ciclos de seleção recorrente para as condições do Sudoeste de Goiás;

- CRE1S: População CRE1 submetida a seleção (20% mais produtivos) e recombinação;

- MPA: População obtida do projeto *Movimento de Pequenos Agricultores*;

- MPA1: Sintético obtido da recombinação de famílias S1 da população MPA com menor depressão endogâmica;

- TG2R: Tem origem em um sintético obtido de cruzamento de híbridos comerciais com potencial para prolificidade. Foram realizados dois ciclos de seleção recorrente para as condições do Sudoeste goiano;
- TG2RMV: Seleção e recombinação da população TG2R com foco em características adequadas para produção de milho verde;
- NAPPMHG: Híbrido interpopulacional entre NAPPM (originado na seleção para resistência a mancha de *phaeosphaeria* (*Phaeosphaeria maydis*)) e HG49 (híbrido comercial da região do Sudoeste Goiano);
- CRV-02: Composto obtido de cinco híbridos comerciais com seleção para resistência a *Cercospora zea-maydis*.

A geração F2 de híbridos comerciais recomendados para região do Sudoeste Goiano foi formada por 11 genótipos, denominados HSG1, HSG2, HSG3, HSG4, HSG5, HSG6, HSG7, HSG8, HSG9, HSG10 e HSG11.

2.3 Estrutura e delineamento experimental

O arranjo experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 25, sendo 2 níveis de irrigação (IR – irrigado próximo a 100% da capacidade de campo CC, em todo o ciclo da cultura e ES – irrigado próximo a 50% da CC) e 25 genótipos de milho (23 populações e duas testemunhas DKB390 e BRS1030), com 4 repetições, perfazendo um total de 200 unidades experimentais. Os genótipos utilizados como testemunhas foram classificados, como tolerantes e sensíveis ao estresse hídrico, respectivamente, segundo Souza et al. (2016).

Cada unidade experimental foi composta por dois vasos de polietileno, contendo em cada vaso 15 kg de solo. Foram utilizados no plantio quatro sementes por vaso com desbaste aos 15 dias após a emergência (DAE), mantendo duas plantas por vaso até o final do ciclo da cultura.

O tratamento hídrico, sob restrição hídrica (ES), foi imposto na fase de pré-florescimento (VT), aos 50 dias após a emergência. No tratamento, irrigado (IR), a reposição hídrica foi realizada diariamente até o solo atingir a umidade próxima a CC, enquanto que no ES, a indução do estresse hídrico foi realizada de forma

constante, diariamente, aplicando-se 50% da água total necessária para atingir a CC. O nível de estresse foi mantido até o fim do ciclo da cultura.

A umidade do solo na capacidade de campo (CC) foi determinada no laboratório de análises de solo do IAC – Instituto Agronômico de Campinas. Foram registrados valores de 30% de umidade na CC (33 Kpa), realizadas em amostras de solo deformadas, semelhantes às condições que se encontram nos vasos.

O teor de água no solo foi monitorado diariamente em 10 vasos por tratamento hídrico (irrigado - IR e sob restrição hídrica - ES), escolhidos aleatoriamente entre os blocos. Para determinação do teor de umidade do solo foi utilizado um sensor de umidade tipo Data Logger, modelo H21-002, (marca Onset®), instalado no centro do vaso, na profundidade de 10 a 20 cm.

A temperatura e umidade do ar no interior da casa de vegetação foram monitoradas diariamente, através de dois termo-higrômetros digitais, tipo data logger, modelo Klima Logg Smart (marca incoterm®). As variações diárias de temperatura máxima e mínima, em °C, e de umidade relativa do ar, máxima e mínima, em %, foram obtidas a partir da média de temperatura das duas horas mais quentes e mais frias do dia.

2.4 Caracteres avaliados

- Florescimento Masculino e Feminino (FM e FF): foi determinado em dias, pelo número de dias da semeadura até que 50% das plantas de cada parcela tivessem florescidas (antese e estilos-estigma visíveis, respectivamente).
- Intervalo entre os florescimentos feminino e masculino em dias (IFMF): foi determinado pela diferença, em dias, da antese e exposição do estilo-estigma das plantas da parcela.
- Massa seca da parte aérea (MSA): foi determinada aos 110 DAP, a partir da secagem de toda parte aérea de todas as plantas da parcela, em estufa a 65°C por 48 horas. O peso da parte aérea foi obtido através de pesagem em balança analítica digital.

- Massa seca da raiz (MSR): foi determinada aos 110 DAP, a partir da secagem das raízes de todas as plantas da parcela, em estufa a 65°C por 48 horas. O peso das raízes foi obtido através de pesagem em balança analítica digital.
- Razão entre massa seca da raiz e parte aérea (RMSRA): obtido pela divisão do peso de massa seca da raiz pela massa seca da parte aérea, segundo a equação:

$$\text{RMSRA} = \text{MSR} / \text{MSA}$$

- Altura de plantas (APL): foi determinada em metros após o estágio de maturação fisiológica do milho, obtida pela média de quatro plantas da parcela.
- Altura de espiga (AES): foi determinada em metros após o estágio de maturação fisiológica do milho, obtida pela média da altura de inserção da primeira espiga, em quatro plantas da parcela.
- Ângulo de raiz (AGR): foi determinado a partir de fotografias dos perfis radiculares de todas as plantas da parcela. Em seguida o ângulo foi medido a partir da primeira inserção radicular (raízes adventícias), em relação ao eixo principal (colmo), da base para o ápice da planta do milho, em sentido vertical através da utilização do software computacional IMAGEJ[®] (Figura 5), (RASBAND, 2016).



Figura 5. Ângulo de raiz. Jataí/GO – 2016.

- Índice de clorofila total (ICT): As análises foram realizadas em uma planta da parcela, através da utilização de medidor portátil de clorofila modelo clorofilog

CFL1030, (marca Falker[®]), em três fases de desenvolvimento da cultura, nos estádios fenológicos VT, R1 e R3, totalizando três avaliações. Foram tomados dados de clorofila total e as leituras realizadas na folha correspondente a primeira espiga, selecionando-se o terço médio do limbo a 2 cm da margem da folha, excluindo-se a nervura central.

2.5 Análise de dados e modelo estatístico

Os resultados foram submetidos a análise de variância, segundo modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B_k + A_j + GA_{ij} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : refere-se ao valor observado no genótipo i , no ambiente j , na repetição k ;

m : média geral;

G_i : efeito fixo do genótipo i ;

B_k : efeito aleatório do bloco k ;

A_j : efeito fixo do ambiente j ;

GA_{ij} : efeito da interação entre o genótipo i , e ambiente j ;

E_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

Foram obtidas estimativas de correlação de *Pearson*, para o ambiente irrigado (IR) e para o sob restrição hídrica (ES), a partir dos valores médios de todos os caracteres avaliados (ADEBAYO et al., 2014). O desempenho médio entre os genótipos foi comparado pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para as análises estatísticas foi utilizando o aplicativo estatístico GENES 6.9 (CRUZ, 2016).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O experimento foi conduzido durante o período de segunda safra, entre as datas 13/03/2016 e 16/06/2016. No interior da casa de vegetação, durante o período de condução do experimento as temperaturas máximas variaram entre 22,5°C e 46,8°C, tendo como média 38,1°C e as temperaturas mínimas variaram entre 4,8° e 23,9°C, apresentando como média 16,5°C. Neste mesmo período a umidade relativa do ar registrou média de 68,9% com variações de umidade entre 15,2 e 99,3% (Figura 6).

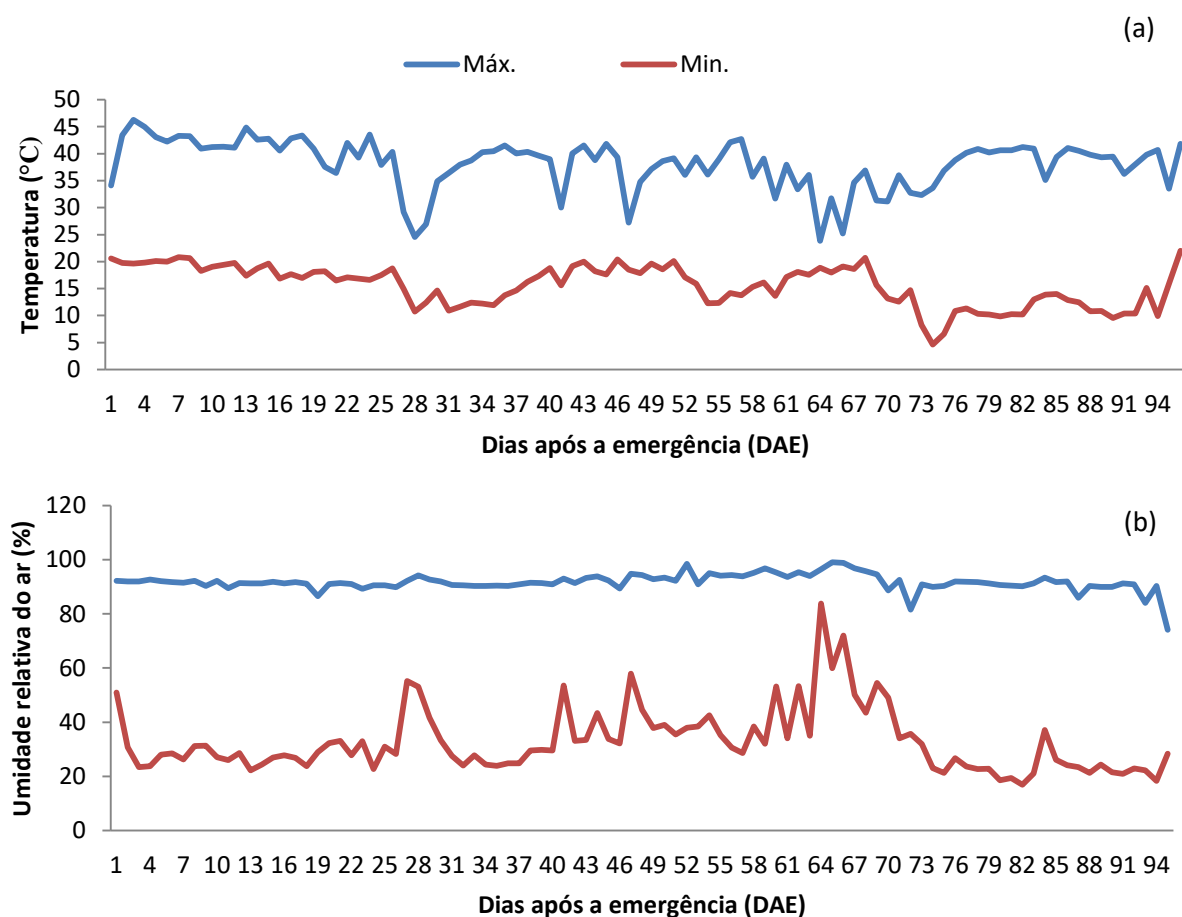


Figura 6. Variações de temperatura máxima e mínima em °C (a) e umidade relativa do ar em % (b), durante o período de 97 dias, transcorridos, entre 13/03/2016 e 16/06/2016. Jataí/GO – 2016.

De acordo com os dados apresentados na Figura 7, a umidade do solo apresentou média de 30.7%, considerando todo o período experimental para IR e até o pré-florescimento para ES (50 DAE). O ambiente ES, após a submissão do estresse hídrico, apresentou uma umidade média do solo de 18.3%, correspondente a aproximadamente 60% da capacidade de campo (CC).

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 12 e 13 é possível observar através da análise de variância que todos os caracteres avaliados apresentaram diferença significativa entre genótipos. Para os ambientes, irrigado (IR) e sob restrição hídrica (ES), não houve diferença significativa para os caracteres, florescimento masculino (FM), altura de espiga (AES) e ângulo de raiz (AGR).

Houve significância para a interação G x A para todos os caracteres avaliados, exceto florescimento feminino (FF) e razão entre massa seca da raiz e parte aérea (RMSRA). A presença de interação significativa entre genótipo e ambiente, para a maioria dos caracteres avaliados, demonstra forte relação do nível de estresse sobre o comportamento diferencial dos genótipos estudados.

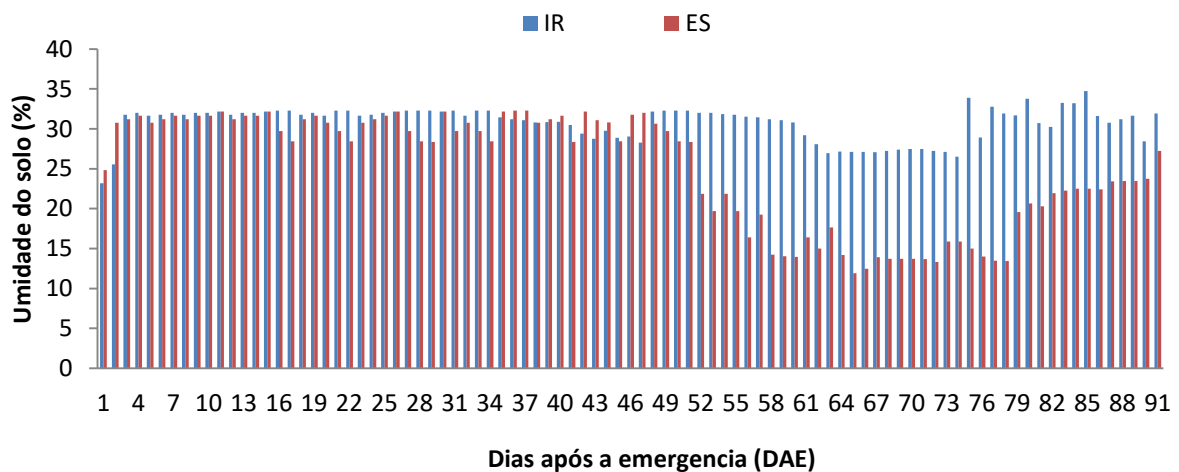


Figura 7. Umidade do solo em %, para o ambiente irrigado (IR) e sob restrição hídrica (ES), durante todo o período experimental. Jataí/GO – 2016.

É possível, estudando um grande número de genótipos, que o padrão de resposta e o mecanismo de tolerância a seca, sob os diferentes níveis de estresse, possa diferir um do outro, o que pode não ocorrer quando o número de genótipos é

baixo (AKINWALE et al., 2016). O estresse muito intenso pode levar a uma distorção dos níveis de tolerância, em função da forte interação genótipo e ambiente. Isso levaria a uma baixa eficiência na seleção de genótipos tolerantes, e obtenção de possíveis estimativas de herdabilidade (ARAUS et al., 2012).

Tabela 12. Resumo da análise de variância para as características: florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF) e intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF), em dias, altura de planta (APL) e altura de espiga (AES), em m e ângulo de raiz (AGR). Jataí/GO – 2016

FV	GL	Quadrado Médio					
		FM	FF	IFMF ¹	APL	AES	AGR
Blocos	3	7,31	23,13	5,73	0,043	18,78	18,78
Genótipo	24	53,46 **	23,615 **	12,11 **	0,12 **	88,87 **	88,87 **
Amb.	1	0,08 ns	386,42 **	397,62 **	7,37 **	90,78 ns	90,78 ns
G X E	24	12,39 *	6,76 ns	12,62 *	0,05 **	68,78 **	68,78 **
Resíduo	147	7,64	6,52	5,95	0,01	13,39	13,39
Média		69,51	73,68	4,32	1,34	0,71	42,38
CV(%)		3,98	3,46	2,34	6,34	9,53	8,64

ns – não significativo, * significativo a 5% de probabilidade, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F. ¹ dados transformados em X+100.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR) razão entre a massa seca da raiz e parte aérea (RMSRA) e índice de clorofila total (ICT – VT), (ICT – R1) e (ICT R3). Jataí/GO – 2016

FV	GL	Quadrado Médio					
		MAS	MSR	RMSRA	ICT (VT)	ICT (R1)	ICT (R3)
Blocos	3	58,64	1,06	0,003	16,54	35,91	25,89
Genótipo	24	165,45 **	111,77 **	0,026 **	51,84 **	84,47 **	56,56 **
Amb.	1	20523 **	3502,8 **	0,023 **	2820 **	3289 **	3790 **
G X E	24	162,04 **	46,282 **	0,006 ns	51,83 **	43,15 **	44,46 **
Resíduo	147	45,13	22,507	0,005	10,67 **	12,21 **	12,42 **
Média		61,93	21,27	0,342	32,91	28,85	28,06
CV(%)		10,85	22,29	20,72	9,93	12,11	12,56

ns – não significativo, * significativo a 5% de probabilidade, ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

O ambiente ES promoveu retardo no florescimento feminino (FF) de aproximadamente 2.8 dias (Tabela 14). Cairns et al. (2013) estudando diferentes genótipos de milho sob estresse hídrico observou aumento de 7,5 dias na antese,

sob condições de estresse em estudo realizado no México. Araus et al. (2012), afirma que o estresse hídrico severo, ocorrendo uma a duas semanas antes da antese, provoca retardo no crescimento da espiga e conseqüentemente dos estilo-estigmas.

Neste experimento também não houve interação significativa entre genótipos e ambiente para o caractere RMSRA (Tabela 13), demonstrando que a utilização deste caractere na seleção de genótipos tolerantes pode não ser eficiente, mas pode apresentar grade contribuição na identificação da severidade do estresse. Segundo Bolaños & Edmeades (1993), é possível obter ganhos na produtividade com a utilização de genótipos que apresentem redução na densidade e comprimento de raiz, sem que haja mudanças no potencial de absorção de água, quando esta característica está associada a demais caracteres secundários que contribuem para o aumento dos níveis de tolerância.

O ambiente ES contribuiu para redução na RMSRA, ou seja, houve menor desenvolvimento radicular quando os genótipos foram submetidos à condição de estresse (Tabela 14). Santos et al. (2012) estudando o efeito do déficit hídrico no pré-florescimento do trigo não observou diferença significativa entre ambientes para RMSRA. No entanto, no mesmo experimento os autores observaram uma significativa redução no volume de raiz e massa seca de folhas e colmos no ambiente não irrigado. Lawlor & Uprety (1993) afirmaram haver aumento da razão massa seca da raiz e parte aérea em muitas culturas sob seca, o que é atribuído à grande alocação de carbono às raízes. Ainda assim, Santos et al. (2012) afirma que tal fato depende da intensidade e duração do déficit hídrico, tal como o estágio em que ele ocorre.

Neste experimento as correlações entre FF e IFMF não foram significativas no ambiente IR, já no ambiente ES houve correlação significativa de ($r=-0.53$), assim como a correlação entre FM e IFMF ($r=-0.92$), que neste caso apresentou alta correlação (Tabela 15). Este comportamento indica que o estresse hídrico afeta os caracteres de forma diferenciada, visto que para o IFMF houve interação significativa entre genótipo e ambiente (Tabela 12).

Para o ambiente ES o caractere FM apresentou correlação positiva com FF ($r=0.84$), MSR ($r=0.43$) e RMSRA ($r=0.57$). Para o ambiente IR o FM apresentou

correlação positiva apenas com FF ($r=0.81$). No ambiente ES o caractere FF apresentou correlação positiva com MSR ($r=0.43$) e com RMSRA ($r=0.56$), por outro lado, não houve correlações significativas entre estes caracteres no ambiente IR (Tabela 15). Deste modo, em condição de estresse hídrico genótipos com maior massa seca de raiz tendem a retardar o florescimento feminino e também masculino.

Segundo Bänziger et al. (2002), reduzido IFMF diminui o abortamento das espigas e apresenta estreita correlação com o número de espigas por planta. Estudando caracteres relacionados a tolerância ao estresse hídrico, Câmara et al. (2007) encontrou correlações positivas entre os caracteres FF e IFMF, para as duas populações estudadas independentemente. Ao correlacionar produção de grãos aos caracteres IFMF, FM e FF os autores obtiveram correlações negativas para as duas populações estudadas. Paterniani et al. (2015) não obtiveram correlações significativas entre massa de grãos e IFMF, FM e FF e também entre IFMF e FM.

Estes resultados demonstram que as correlações entre estes caracteres apresentam grandes variações, levando a proporcionar riscos na sua utilização para uso em estudos de caracteres secundários na seleção de genótipos tolerantes ao estresse hídrico. Com isto é importante levar em conta o nível e a duração do estresse, o número de genótipos estudados e o período vegetativo no qual a restrição hídrica será imposta para que se possa obter o máximo de eficiência na seleção e explorar ao máximo a contribuição do caractere na identificação de genótipos com maior tolerância a deficiência hídrica.

Tabela 14. Valores médios para florescimento feminino, em número de dias (FF) e razão massa seca da raiz e parte aérea (RMSRA), para os dois ambientes, irrigado e sob restrição hídrica (IR e ES). Jataí/GO – 2016

Ambientes	FF	RMSRA
IR	72,29 b	0,35 a
ES	75,07 a	0,33 b
Media Geral	73,68	0,34
DMS	0,72	0,02
CV (%)	3,48	22,0

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos ambientes IR e ES foram obtidas correlações positivas entre APL e AES ($r=0.77$ e $r=0.86$), MSA e AES ($r=0.39$ e $r=0.45$), respectivamente, mas não houve

correlação significativa entre massa seca e APL (Tabela 15). Santos et al. (2002), em condições ideais de cultivo verificaram correlação positiva entre produtividade de grãos com APL e AES, indicando que quanto maior a altura de planta, e altura de espiga maior a produtividade. Parte destes resultados corroboram com os obtidos por Santos et al. (2010), que ao estudar o comportamento agrônômico de híbridos, encontraram correlação entre altura de planta e produção de massa seca da parte aérea.

No ambiente IR o índice de clorofila total, medido 20 dias após a submissão do estresse hídrico (ICT-R1), apresentou correlação negativa com os caracteres APL ($r=-0.43$), AES ($r=-0.50$) e MSR ($r=-0.46$). Este resultado demonstra que durante a fase inicial de enchimento de grãos há a existência de maior demanda fisiológica para manutenção estrutural de genótipos com maior altura de plantas. No mesmo ambiente o ICT-R1 apresentou correlação positiva com ICT-R3 ($r=0.56$), demonstrando que genótipos de milho com maior ICT-R1 tendem a apresentar maior ICT-R3 ao final da fase de enchimento de grãos, quando se encontra em boas condições de disponibilidade hídrica (Tabela 15).

No ambiente ES o ICT-R1 apresentou correlação negativa com APL ($r=-0.45$), MSR ($r=-0.53$), RMSRA ($r=-0.42$). Estes resultados demonstram o efeito da demanda fisiológica na fase de enchimento de grãos em relação a manutenção da estrutura vegetativa, independentemente do ambiente, mas que aparentemente se agrava sob condições de estresse hídrico, onde plantas com maior desenvolvimento vegetativo tendem a apresentar menor índice de clorofila.

Souza et al. (2013) observaram que materiais tolerantes à seca apresentam uma menor área foliar comparados a materiais sensíveis ao estresse hídrico. Segundo os autores, esse resultado pode ser devido a estratégias utilizadas pelos genótipos, os quais diminuem a superfície de transpiração foliar contribuindo para a manutenção de um estado de homeostase, pela manutenção e controle do uso da água frente ao estresse hídrico.

O ICT-R1 apresentou correlação positiva com ICT-VT ($r=0.39$) e com o ICT-R3 ($r=0.65$) no ambiente ES. Este resultado demonstra que aparentemente genótipos que apresentem alto índice de clorofila na fase de pré-florescimento, em condições de estresse hídrico, tendem a preservar maiores índices de clorofila até o

final da fase de enchimento de grãos. Este comportamento pode ser um bom indicativo na seleção de genótipos tolerantes, onde genótipos que apresentem maior índice de clorofila total tende a tolerar melhor o período de estresse.

Segundo Zaidi et al. (2007) genótipos de milho mais tolerantes apresentaram menor degradação da clorofila na presença de um período prolongado de estresse. Gholamin & Khayatnezhad (2011), verificaram que os genótipos com maior índice de clorofila foram mais tolerantes ao estresse hídrico, com alta correlação com rendimento de grãos, demonstrando, portanto, que índices de clorofila podem ser usados como caracteres secundários para avaliar a intensidade de estresse e auxiliar na seleção de genótipos mais tolerantes.

Caracterizando linhagens de milho contrastantes à seca no estágio de florescimento pleno, Magalhães et al. (2009), observou que as respostas fisiológicas na tolerância à seca podem variar de acordo com a severidade e a duração de imposição do estresse, o estágio fenológico e o material genético. Sob déficit hídrico, a cultura do milho responde com uma série de alterações na morfofisiologia, na eficiência fotoquímica, no conteúdo de clorofila, no ajustamento osmótico e na relação raiz/parte aérea, entre outros (ASHRAF et al., 2007).

De acordo com Kunz et al. (2007) o acúmulo de massa seca está relacionado de forma linear à eficiência fotossintética do milho. O aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa para produção de biomassa vegetal depende fortemente da disponibilidade hídrica. Neste sentido, genótipos que apresentem constante acúmulo de massa seca durante o período de estresse hídrico, podem ser considerados eficientes no uso da água disponível, sendo assim, potenciais genótipos tolerantes a ambientes com restrição hídrica.

Os genótipos HSG1, HSG7, HSG2, CRE1, CRV-02, CCV, HSG10 e HSG9 apresentaram menor RMSRA, não diferindo da testemunha DKB390 (Tabela 16). O resultado apresentado pela testemunha DKB390 reforça as afirmativas feitas por Bolaños & Edmeades (1993), no qual genótipos que apresentem sistema radicular com maior eficiência de absorção de água não necessariamente precisam de raízes maiores e mais densas. Com isto, é possível que os genótipos com menor RMSRA possam apresentar potencial para tolerância ao estresse hídrico.

Para florescimento feminino (FF), o genótipo HSG1, apresentou maior precocidade, não diferindo estatisticamente da testemunha DKB390, seguidos pelos genótipos CRV-02, CCV, HSG7, HSG5 e HSG8 que também apresentaram maior precocidade em comparação aos demais genótipos. Segundo Tardieu (2011), o déficit hídrico no florescimento induz o abortamento de óvulos e consequente redução no número de sementes. Este comportamento trata-se de um mecanismo adaptativo que permite que as sementes remanescentes sejam adequadamente cheias, apesar da oferta reduzida de fotoassimilados, com efeito positivo ou negativo na produtividade e na qualidade do rendimento.

De acordo com Câmara et al. (2007), o FM e FF são caracteres de alta herdabilidade, correlacionados a produção de grãos e de fácil avaliação. Quando submetidos ao estresse, os genótipos apresentaram retardo no florescimento. Desta forma, verifica-se que o suprimento de água utilizados neste experimento pode afetar o ciclo de genótipos de milho de um modo geral, podendo não estar totalmente ligado a fatores de tolerância e sim a uma limitação fisiológica relacionada ao ambiente de cultivo.

Tabela 15. Correlações de *Pearson* para ambiente irrigado (diagonal superior) e sob restrição hídrica (diagonal inferior) para todos os caracteres estudados. Jataí/GO – 2016

	FM	FF	IFMF	APL	AES	MAS	MSR	RMSRA	AGR	ICT (VT)	ICT (R1)	ICT (R3)
FM	-	0,81**	-0,51**	0,20	0,18	-0,31	0,12	0,28	0,03	0,18	-0,25	-0,32
FF	0,84**	-	0,02	0,03	0,07	-0,21	0,24	0,35	0,04	0,01	-0,33	-0,30
IFMF	-0,92**	-0,53**	-	0,15	-0,11	0,02	-0,11	-0,17	0,01	-0,06	-0,12	0,00
APL	0,10	0,21	-0,27	-	0,77**	0,35	0,20	0,02	0,14	-0,11	-0,43*	-0,15
AES	0,29	0,26	-0,22	0,86**	-	0,39*	0,12	-0,06	0,04	-0,08	-0,50**	-0,38
MSA	-0,07	-0,07	0,32	0,39	0,45*	-	0,12	-0,35	0,15	-0,18	-0,19	-0,17
MSR	0,43*	0,43*	-0,01	0,35	0,35	0,51**	-	0,87**	0,17	0,17	-0,46*	-0,06
RMSRA	0,57**	0,56**	-0,18	0,19	0,16	0,01	0,85**	-	0,10	0,25	-0,38	-0,03
AGR	-0,18	-0,21	-0,01	0,19	-0,01	0,02	0,13	0,15	-	0,31	-0,21	-0,08
ICT (VT)	-0,15	-0,22	-0,27	-0,25	-0,23	-0,34	-0,361	-0,21	0,14	-	-0,05	-0,34
ICT (R1)	-0,14	-0,24	0,15	-0,45*	-0,23	-0,31	-0,53**	-0,42*	-0,21	0,39*	-	0,56**
ICT (R3)	-0,13	-0,15	0,26	-0,50**	-0,32	-0,29	-0,33	-0,20	-0,13	0,22	0,65**	-

FM e FF - florescimento masculino e feminino, IFMF - intervalo entre florescimento masculino e feminino, APL - altura de planta, AES - altura de espiga, MSA - massa seca parte da aérea, MSR - massa seca da raiz, RMSRA – razão entre massa seca da raiz e parte aérea, ICT (VT, R1 e R3) - índice de clorofila total em suas respectivas fases.

** Significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste de t.

Tabela 16. Valores médios para, razão massa seca da raiz e parte aérea (RMSRA) e florescimento feminino, em número de dias (FF), para os 25 genótipos. Jataí/GO – 2016

Genótipos	RMSRA	FF
CCV	0,3113 bcdef	71,87 bcd
CC1	0,3688 abcde	73,75 abcd
CRE1	0,3088 bcdef	75,37 abc
CRE1S	0,3788 abc	75,00 abcd
CRE2	0,3675 abcd	74,62 abcd
CRE3	0,3800 abc	74,87 abcd
MPA	0,3563 abcdef	75,00 abcd
MPA1	0,3763 abc	74,75 abcd
TG2R	0,3538 abcdef	73,37 abcd
TG2RMV	0,3538 abcdef	75,62 abc
NAPPMHG	0,4700 a	74,25 abcd
CRV-02	0,3013 bcdef	71,75 cd
HSG1	0,2313 f	70,37 d
HSG2	0,2688 cdef	72,62 abcd
HSG3	0,3650 abcd	73,12 abcd
HSG4	0,3475 abcdef	74,25 abcd
HSG5	0,3400 abcdef	72,25 bcd
HSG6	0,4125 ab	73,00 abcd
HSG7	0,2338 ef	72,12 bcd
HSG8	0,3738 abc	72,50 bcd
HSG9	0,3225 bcdef	73,75 abcd
HSG10	0,3200 bcdef	77,25 a
HSG11	0,3513 abcdef	76,50 ab
BRS1030	0,4125 ab	73,50 abcd
DKB390	0,2388 def	70,50 d
Média geral	0,3431	73,68
DMS	0,1322	4,65
CV%	20,910	3,42

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O genótipo HSG8, seguido pelos genótipos CRV-02, TG2R, HSG1, CCV, HSG3, CC1, HSG6, HSG5, HSG2, CRE1 e TG2RMV apresentaram maior precocidade no ambiente ES para florescimento masculino (FM), não apresentando diferença significativa da testemunha, DKB390. A testemunha sensível ao estresse BRS1030 apresentou significativo retardo do florescimento quando submetido a condição de estresse hídrico, (ambiente ES). Os genótipos HSG8, TG2R e HSG11 anteciparam o

florescimento masculino quando submetido ao ambiente ES, comportamento oposto ao BRS1030 (Tabela 17).

Quando submetidos ao ambiente irrigado (IR), os genótipos não apresentaram diferença significativa para o IFMF. Nesta condição de cultivo os genótipos apresentaram bom sincronismo no florescimento. Quando submetidos ao ambiente de estresse hídrico (ES), os genótipos CCV, CRE2, TG2R, HSG11, HSG1, HSG2, HSG3, HSG5, HSG6, HSG8 e a testemunha DKB390 apresentaram aumento no intervalo de florescimento quando comparado ao ambiente irrigado, indicando perda do sincronismo (Tabela 17).

Déficit hídrico durante o período de florescimento leva a um aumento no intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF), que é negativamente correlacionado com a produção (DUVICK, 2005). Segundo Tardieu (2011), uma grande parte do progresso genético do milho para rendimento de grãos, cultivado sob condições de estresse hídrico se deve a redução na taxa de aborto de óvulos, via redução do IFMF.

De acordo com Paterniani et al. (2015), o baixo IFMF é um indicativo de tolerância a seca. Deste modo, dependendo da extensão do período de seca, a produção de grãos tende a ser afetada em função da assincronia entre a liberação de pólen e emissão do estilo-estigma, causando perda na produtividade. Souza et al. (2013), estudando o efeito do estresse hídrico sobre o IFMF dos genótipos BRS1030 e DKB390 em dois anos consecutivos, observaram que o estresse hídrico induziu o aumento no intervalo de florescimento para os dois genótipos, nos dois anos estudados.

Conforme os dados apresentados na Tabela 18, a altura de plantas (APL) foi significativamente afetada pelo estresse hídrico, exceto para os genótipos HSG2 e HSG7 que não apresentaram diferença significativa entre os ambientes IR e ES. Os genótipos CRE2, CRE3, CCV, MPA, CC1, CRE1S, TG2R e MPA1 apresentaram maior altura de planta, quando cultivado no ambiente IR. Dos genótipos que apresentaram maior altura de plantas no ambiente IR o TG2R apresentou a maior redução na altura, quando submetido a condição de estresse, estando entre os genótipos de menor APL no ambiente ES.

Tabela 17. Valores médios para florescimento masculino (FM) e intervalo entre florescimento masculino e feminino (IFMF), em dias, para os dois ambientes, irrigado e sob restrição hídrica (IR e ES). Jataí/GO – 2016

Genótipos	FM		IFMF	
	IR	ES	IR	ES
CCV	66,75 A cde	66,75 A bcde	2,75 B a	7,50 A ab
CC1	67,25 A bcde	68,75 A abcd	5,25 A a	6,25 A ab
CRE1	70,00 A abcde	69,50 A abcd	4,75 A a	6,50 A ab
CRE1S	72,50 A abc	73,25 A ab	0,75 A a	3,50 A b
CRE2	72,50 A abc	71,75 A abc	0,25 B a	4,75 A ab
CRE3	70,25 A abcde	71,25 A abc	3,75 A a	5,00 A ab
MPA	71,50 A abcd	73,25 A ab	2,25 A a	3,00 A b
MPA1	70,00 A abcde	73,25 A ab	4,50 A a	2,75 A b
TG2R	70,50 A abcde	66,00 B cd	3,00 B a	7,25 A ab
TG2RMV	72,00 A abcd	70,50 A abcd	3,75 A a	6,00 A ab
NAPPMHG	71,00 A abcd	71,75 A abc	2,25 A a	3,50 A b
CRV-02	66,00 A cde	66,00 A cd	5,25 A a	6,25 A ab
HSG1	63,00 A e	66,50 A bcd	3,50 B a	7,25 A ab
HSG2	69,75 A abcde	67,25 A bcd	3,25 B a	7,00 A ab
HSG3	68,25 A bcde	67,00 A bcd	3,75 B a	7,75 A ab
HSG4	69,75 A abcde	71,00 A abc	3,75 A a	4,00 A b
HSG5	68,25 A bcde	67,25 A bcd	2,50 B a	7,50 A ab
HSG6	70,00 A abcde	70,50 A abcd	1,00 B a	4,50 A ab
HSG7	67,75 A bcde	69,00 A abcd	3,00 A a	4,50 A ab
HSG8	70,25 A abcde	63,75 B d	1,75 B a	10,25 A a
HSG9	67,25 A bcde	68,75 A abcd	4,75 A a	6,75 A ab
HSG10	74,00 A ab	74,75 A a	3,00 A a	2,75 A b
HSG11	76,00 A a	71,25 B abc	1,00 B a	5,25 A ab
BRS1030	68,25 B bcde	72,50 A abc	2,25 A a	4,00 A b
DKB390	65,00 A de	65,75 A cd	3,00 B a	7,25 A ab
Média individual	69,53	69,49	3,00	5,64
Média geral	69,51		4,32	
DMS ¹	3,85		3,13	
DMS ²	7,24		5,89	
CV%	3.97		2.15	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença mínima significativa para ambiente (DMS¹) e para genótipos (DMS²).

Os genótipos mais altos foram os que apresentaram maior redução na altura de plantas quando submetidos ao estresse hídrico, exceto o CCV. Segundo Aydinsakir et al. (2013), a altura de plantas pode ser uma ótima característica para a

identificação de genótipos tolerantes a seca, porém a eficiência na utilização da característica altura de plantas, como indicativo de tolerância, vai depender do nível de estresse e do número de genótipos estudados.

O estresse hídrico também afetou a altura de espigas (AES), reduzindo-a de forma significativa, para a maioria dos genótipos. Os genótipos que não apresentaram redução na AES quando submetidos ao estresse hídrico foram, CCV, NAPPMHG, CRV-02, HSG2, HSG4, HSG7, HSG10 e a testemunha DKB390. As menores alturas de espiga no ambiente ES foram obtidas pelos genótipos HSG5, HSG3, HSG1 e HSG8 e pela testemunha BRS1030 (Tabela 18).

Observa-se que a maioria dos genótipos que apresentam menor altura de plantas e altura de espigas no ambiente IR compõe o grupo de populações F2, de híbridos comerciais. Este comportamento pode estar relacionado a depressão por endogamia, expressa em decorrência da autofecundação dos híbridos comerciais (F1) para obtenção das populações F2.

Para altura de planta e espiga a depressão por endogamia apresenta alta magnitude (BOTELHO et al., 2016). Estudando o efeito da depressão por endogamia em populações F2, Bernini et al. (2013) observou depressão por endogamia variando de 4,7 a 13,0% para altura de planta. Scapim et al. (2006) encontraram predominância de efeito aditivo e depressão por endogamia de 10% para altura de planta e espiga. A endogamia pode comprometer a produtividade das populações F2, frente às demais populações, porém pode colocar em evidencia efeitos aditivos sobre os caracteres.

O estresse hídrico afetou o acúmulo de massa seca da parte aérea (MSA) da maioria dos genótipos estudados. No ambiente IR as maiores médias para MSA foram obtidas pelos genótipos CRE2, CRE3, NAPPMHG, CRV-02, TG2R, HSG3, CRE1S, CRE1, HSG4, HSG1 e pelas testemunhas BRS1030 e DKB390. Quando submetidos ao ambiente sob restrição hídrica a maioria dos genótipos não apresentaram diferença significativa entre si. Os genótipos CCV, HSG11, HSG2 e HSG5 não tiveram a MSA afetada pelo estresse hídrico, não apresentando diferença significativa entre os ambientes IR e ES (Tabela 19).

Tabela 18. Valores médios para altura de planta (APL) e altura de espiga (AES), em m para os dois ambientes, irrigado e sob restrição hídrica (IR e ES). Jataí/GO – 2016

Genótipos	APL		AES	
	IR	ES	IR	ES
CCV	1,75 A abc	1,34 B a	0,85 A bcdef	0,77 A a
CC1	1,70 A abcde	1,17 B abcdef	0,88 A abc	0,70 B abcd
CRE1	1,65 A bcdefg	1,18 B abcdef	0,86 A bcde	0,68 B abcd
CRE1S	1,69 A abcde	1,18 B abcdef	0,87 A abcd	0,67 B abcd
CRE2	1,90 A a	1,32 B ab	1,05 A a	0,73 B ab
CRE3	1,77 A ab	1,21 B abcde	0,93 A ab	0,72 B abc
MPA	1,73 A abcd	1,24 B abcd	0,88 A abc	0,70 B abcd
MPA1	1,68 A abcdef	1,21 B abcde	0,82 A bcdefg	0,65 B abcd
TG2R	1,69 A abcde	1,02 B defg	0,88 A abc	0,62 B abcd
TG2RMV	1,50 A efghi	1,07 B cdefg	0,83 A bcdefg	0,68 B abcd
NAPPMHG	1,42 A hij	1,27 B abc	0,68 A fgh	0,70 A abcd
CRV-02	1,52 A defgh	1,20 B abcde	0,73 A cdefgh	0,64 A abcd
HSG1	1,41 A hij	1,01 B efg	0,67 A gh	0,54 B cd
HSG2	1,28 A ij	1,27 A abc	0,76 A bcdefg	0,75 A a
HSG3	1,52 A defgh	1,16 B abcdef	0,72 A cdefgh	0,55 B cd
HSG4	1,53 A cdefgh	1,12 B abcdefg	0,70 A defgh	0,64 A abcd
HSG5	1,50 A efghi	1,00 B efg	0,72 A cdefgh	0,57 B bcd
HSG6	1,46 A fghi	1,10 B bcdefg	0,72 A cdefgh	0,60 B abcd
HSG7	1,22 A j	1,17 A abcdef	0,57 A h	0,65 A abcd
HSG8	1,23 A j	0,97 B fg	0,73 A cdefgh	0,53 B d
HSG9	1,45 A ghi	1,18 B abcdef	0,69 A efgh	0,59 B abcd
HSG10	1,36 A hij	1,15 B abcdef	0,66 A gh	0,61 A abcd
HSG11	1,42 A hij	1,03 B defg	0,78 A bcdefg	0,65 B abcd
BRS1030	1,37 A hij	0,93 B g	0,68 A efgh	0,54 B d
DKB390	1,51 A defgh	1,15 B abcdef	0,80 A bcdefg	0,71 A abcd
Média individual	1,53	1,14	0,77	0,64
Média geral		1,34		0,71
DMS ¹		0,11		0,09
DMS ²		0,22		0,18
CV%		6,34		9,53

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença mínima significativa para ambiente (DMS¹) e para genótipos (DMS²).

Para massa seca de raiz (MSR) a maioria dos genótipos foram afetados pelo estresse hídrico de forma significativa. Os genótipos CCV, HSG2, HSG3, HSG5, HSG7, HSG8, HSG9 e a testemunha DKB390 não apresentaram diferença

significativa entre os ambientes IR e ES, demonstrando deste modo, que o estresse hídrico não afetou o desenvolvimento radicular destes genótipos (Tabela 19).

Bergonci et al. (2001), estudando a porcentagem de redução da massa seca da parte aérea e do rendimento do milho sob condições irrigadas e de sequeiro, observaram que na ocorrência de déficit hídrico há uma significativa redução da massa seca da parte aérea e, nesta condição, o rendimento de grãos é afetado independentemente.

É importante ressaltar que, além de não apresentar diferença significativa para acúmulo de MSR entre os ambientes IR e ES, os genótipos CCV, HSG2 e HSG5, não apresentaram diferença significativa para MSA entre os ambientes IR e ES. Estes genótipos apresentaram acúmulo de massa seca de forma constante e pouco sensível a condição de estresse hídrico. Deste modo é possível que estes genótipos apresentem menor sensibilidade ao estresse, demonstrando maior eficiência no uso da água disponível (Tabela 19).

No ambiente IR a maioria dos genótipos não apresentou diferença significativa para AGR. Os menores ângulos foram obtidos pelos genótipos HSG9, HSG11, CRV-02 e HSG2. No ambiente ES o menor ângulo de raiz foi obtido pelos genótipos CRE1, HSG8, HSG11, NAPPMHG, HSG7 e HSG10 e pela testemunha DKB390. Os genótipos CRV-02 e HSG2 apresentaram aumento no ângulo de raiz quando submetido a condição de estresse, já os genótipos CRE1 e NAPPMHG, tiveram o ângulo de raiz reduzido sob a mesma condição (Tabela 20). Estes genótipos demonstraram um direcionamento vertical para o crescimento de raiz quando submetidos à condição de estresse hídrico.

Segundo Trachsel et al. (2013), o ângulo de raiz está fortemente correlacionado com a sua profundidade. Em ambientes de deficiência de nitrogênio (N) o ângulo pode se tornar até 18° mais íngreme em relação ao ambiente ideal. Porém os autores não observaram interação significativa entre genótipos e ambiente. Neste experimento o ângulo de raiz (AGR) apresentou interação entre genótipos e ambiente, demonstrando que genótipos de milho tendem a apresentar uma variação no comportamento frente ao tipo de estresse abiótico no qual são submetidos.

Tabela 19. Valores médios para massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca da raiz (MSR), em g planta⁻¹ para os dois ambientes, irrigado e sob restrição hídrica (IR e ES). Jataí/GO – 2016

Genótipos	MAS		MSR	
	IR	ES	IR	ES
CCV	67,50 A bcde	58,50 A ab	19,50 A cdef	19,25 A ab
CC1	69,25 A bcde	54,25 B ab	26,50 A abcdef	19,50 B ab
CRE1	73,25 A abcd	52,00 B ab	23,25 A abcdef	15,25 B ab
CRE1S	74,25 A abcd	51,75 B ab	26,75 A abcdef	20,00 B ab
CRE2	89,25 A a	50,75 B ab	35,00 A a	17,50 B ab
CRE3	83,25 A abc	48,25 B b	29,75 A abcd	19,50 B ab
MPA	71,25 A bcd	50,25 B ab	26,25 A abcdef	17,00 B ab
MPA1	70,25 A bcde	47,50 B b	27,25 A abcdef	17,25 B ab
TG2R	74,50 A abcd	55,75 B ab	28,25 A abcdef	18,50 B ab
TG2RMV	70,25 A bcde	50,75 B ab	29,25 A abcde	15,25 B ab
NAPPMHG	76,50 A abcd	50,25 B ab	34,75 A a	24,75 B a
CRV-02	81,25 A abc	50,00 B ab	30,00 A abcd	12,25 B b
HSG1	71,75 A abcd	49,75 B ab	17,75 A def	11,00 B b
HSG2	71,00 A bcd	66,00 A a	20,25 A bcdef	17,00 A ab
HSG3	74,25 A abcd	57,00 B ab	25,75 A abcdef	22,75 A ab
HSG4	72,00 A abcd	58,25 B ab	30,50 A abc	14,75 B ab
HSG5	53,25 A e	45,50 A b	18,50 A cdef	15,75 A ab
HSG6	71,50 A bcd	44,25 B b	29,25 A abcde	18,00 B ab
HSG7	66,25 A cde	51,50 B ab	16,00 A f	12,00 A b
HSG8	70,50 A bcde	53,00 B ab	25,25 A abcdef	20,50 A ab
HSG9	60,75 A de	48,75 B ab	20,00 A bcdef	15,25 A ab
HSG10	67,00 A cde	52,75 B ab	23,00 A abcdef	15,50 B ab
HSG11	61,50 A de	52,50 A ab	24,50 A abcdef	16,50 B ab
BRS1030	76,25 A abcd	44,00 B b	32,25 A ab	17,75 B ab
DKB390	84,75 A ab	51,75 B ab	17,00 A ef	14,50 A ab
Média individual	72,06	51,80	25,46	17,09
Média geral		61,93		21,27
DMS ¹		9,35		6,60
DMS ²		17,60		12,43
CV%		10,85		22,29

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença mínima significativa para ambiente (DMS¹) e para genótipos (DMS²).

Afirma Messina et al. (2011) que o ângulo de raiz apresenta sete níveis de expressão e estes se correlacionam com rendimento. Segundo Paez-Garcia et al. (2015) ângulo de raiz mais acentuado se traduz em sistemas radiculares mais profundos resultando em plantas mais tolerantes à seca. No ambiente ES a

testemunha DKB390, considerado tolerante, apresentou menor ângulo de raiz comparado ao BRS1030 considerado sensível, reforçando as afirmativas feitas pelos autores. Ainda assim é possível que os genótipos estudados apresentem pouca variabilidade para a característica ou que os ambientes no qual foram submetidos não contribuíram para expressão desta variabilidade.

Os genótipos MPA1, HSG1, HSG8, HSG2, CCV, HSG5, NAPPMHG, CRE1, MPA e a testemunha BRS1030 apresentaram o maior ICT, avaliado na fase VT, no ambiente IR. Todos estes genótipos apresentaram uma redução significativa na taxa fotossintética quando submetidos ao ambiente ES. Os genótipos CC1, CRE2, TG2R, CRV-02, HSG4 e o HSG9, HSG3 e CRE3 não apresentaram diferença significativa quando comparado os ambientes IR e ES. Estes genótipos estão entre os que apresentaram menor ICT na fase VT, exceto o CC1. Aparentemente os genótipos que apresentam menor índice de clorofila em ambiente irrigado tendem a preservar seus índices em condições de estresse hídrico, diferentemente dos genótipos que apresentam altos índices (Tabela 20).

No estádio R1 os maiores índices de clorofila total (ICT-R1) no ambiente IR foram obtidos pelos genótipos HSG2, HSG8, MPA1, HSG7, HSG3, CCV, CRE1S, TG2R, HSG5 e pela testemunha DKB390. Os genótipos MPA1, HSG1, HSG7, HSG11, HSG9, HSG5, CRV-02, HSG8, HSG3, CCV, HSG10 e as testemunhas BRS1030 e DKB390 apresentaram maiores valões para ICT-R1 quando submetidos ao ambiente ES. Destes genótipos, o HSG11, HSG1 e HSG9 não apresentaram diferença significativa quando comparado os ambientes IR e ES (Tabela 21).

A maioria dos genótipos apresentou redução significativa no ICT obtido no estádio R3, quando comparado os ambientes IR e ES. Os genótipos CCV, CRE2, MPA, HSG6 e HSG7 não apresentaram diferença significativa entre os dois ambientes. Os maiores índices de clorofila total, no estádio R3, no ambiente IR foi obtido pelos genótipos HSG8, HSG9, HSG11, HSG2, TG2R, HSG1, HSG3, MPA1, CRE1S, HSG5, CRE3 e pelas testemunhas DKB390 e BRS1030. No ambiente ES os genótipos não apresentaram diferença significativa entre si, exceto o HSG2 que apresentou o menor ICT. Os genótipos CCV, HSG1 e HSG8 apresentaram os melhores ICT para este ambiente (Tabela 21).

Tabela 20. Valores médios para ângulo de raiz (AGR), e índice de clorofila total, durante a fase VT, para os dois ambientes, irrigado e sob restrição hídrica (IR e ES). Jataí/GO – 2016

Genótipos	AGR		ICT (VT)	
	IR	ES	IR	ES
CCV	44,72 A abc	47,27 A ab	39,8 A abcd	24.0 B d
CC1	40,39 A abcde	44,85 A abc	37,2 A bcd	32.6 A abc
CRE1	46,01 A abc	39,66 B abcd	38,1 A abcd	27.0 B abcd
CRE1S	40,38 A abcde	41,70 A abc	36,6 A bcd	30.7 B abcd
CRE2	41,48 A abcde	46,11 A abc	32,4 A cde	31.3 A abcd
CRE3	42,76 A abcd	45,35 A abc	27,6 A e	27.5 A abcd
MPA	45,23 A abc	47,05 A ab	38,1 A abcd	32.0 B abcd
MPA1	40,93 A abcde	45,00 A abc	46,3 A a	34.07 B a
TG2R	42,50 A abcd	44,80 A abc	32,2 A cde	33.8 A ab
TG2RMV	39,69 A abcde	43,93 A abc	35,0 A cde	25.4 B bcd
NAPPMHG	46,78 A abc	39,09 B abcd	39,1 A abcd	29.6 B abcd
CRV-02	32,27 B ef	43,34 A abc	32,5 A cde	30.4 A abcd
HSG1	48,20 A ab	44,65 A abc	44,8 A ab	25.5 B abcd
HSG2	29,32 B f	48,35 A a	39,9 A abcd	28.4 B abcd
HSG3	48,30 A ab	46,96 A ab	31,7 A de	27.6 A abcd
HSG4	42,18 A abcd	45,79 A abc	33,0 A cde	31.3 A abcd
HSG5	46,42 A abc	45,21 A abc	39,5 A abcd	32.9 B abc
HSG6	42,15 A abcd	45,97 A abc	33,2 A cde	27.5 B abcd
HSG7	38,93 A bcde	38,34 A bcd	35,8 A cde	26.9 B abcd
HSG8	43,16 A abcd	39,35 A abcd	40,6 A abc	28.0 B abcd
HSG9	38,09 A cdef	41,43 A abc	32,7 A cde	29.3 A abcd
HSG10	39,66 A abcde	36,66 A cd	37,4 A bcd	24.9 B cd
HSG11	34,52 A def	39,32 A abcd	37,1 A bcd	29.5 B abcd
BRS1030	48,88 A a	44,76 A abc	38,0 A abcd	31.5 B abcd
DKB390	39,75 A abcde	31,46 B d	37,1 A bcd	26.3 B abcd
Média individual	41,70	43,05	36,60	29,15
Média geral		42,37		32,91
DMS ¹		5,09		4,55
DMS ²		9,59		8,56
CV%		20,72		9,93

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença mínima significativa para ambiente (DMS¹) e para genótipos (DMS²).

Tabela 21. Valores médios para índice de clorofila total, durante as fases R1 e R3, (ICT-R1 e ICT-R3), para os dois ambientes, irrigado e sob restrição hídrica (IR e ES). Jataí/GO – 2016

Genótipos	ICT (R1)		ICT (R3)	
	IR	ES	IR	ES
CCV	35,7 A abc	24,6 B abcd	28,0 A cdef	27,9 A a
CC1	33,1 A bcde	23,5 B bcd	31,9 A bcde	24,6 B ab
CRE1	33,0 A bcde	24,2 B bcd	30,3 A bcdef	22,6 B ab
CRE1S	35,6 A abc	24,1 B bcd	34,3 A abcd	21,1 Bab
CRE2	24,6 A e	20,1 A d	22,4 A f	21,1 A ab
CRE3	28,5 A bcde	22,4 B bcd	33,3 A abcd	23,1 B ab
MPA	25,9 A de	18,3 B d	23,6 A ef	22,8 A ab
MPA1	37,2 A ab	31,2 B ab	34,3 A abcd	26,2 B ab
TG2R	34,9 A abcd	24,2 B bcd	36,1 A abcd	22,5 B ab
TG2RMV	32,1 A bcde	22,6 B bcd	30,8 A bcdef	23,4 B ab
NAPPMHG	27,4 A cde	21,2 B cd	30,7 A bcdef	22,5 B ab
CRV-02	28,8 A bcde	26,3 A abcd	29,8 A bcdef	24,5 B ab
HSG1	30,5 A bcde	33,4 A a	35,0 A abcd	28,3 B a
HSG2	42,5 A a	21,8 B cd	36,8 A abc	17,8 B b
HSG3	35,8 A abc	24,6 B abcd	34,4 A abcd	26,3 B ab
HSG4	27,4 A cde	23,3 A bcd	29,1 A bcdef	21,5 B ab
HSG5	34,7 A abcd	26,7 B abcd	33,9 A abcd	22,2 B ab
HSG6	31,4 A bcde	20,6 B cd	27,3 A def	23,8 A ab
HSG7	37,2 A ab	29,5 B abc	30,4 A bcdef	25,6 A ab
HSG8	42,3 A a	26,0 B abcd	42,3 A a	27,5 B a
HSG9	30,9 A bcde	26,8 A abcd	37,8 A ab	23,7 B ab
HSG10	33,0 A bcde	24,5 B abcd	30,5 A bcdef	24,0 B ab
HSG11	31,3 A bcde	27,3 A abcd	36,9 A abc	23,8 B ab
BRS1030	32,1 A bcde	26,9 B abcd	34,5 A abcd	22,2 B ab
DKB390	35,8 A abc	24,9 B abcd	35,0 A abcd	22,8 B ab
Média individual	32,90	24,79	32,41	23,70
Média geral		28,85		28,06
DMS ¹		4,86		4,90
DMS ²		9,15		9,23
CV%		12,11		12,56

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença mínima significativa para ambiente (DMS¹) e para genótipos (DMS²).

Os genótipos CRE2, HSG4, CRV-02 e HSG9 apresentaram menores variações nos índices de clorofila total, nos estádios VT e R1, não apresentando diferença significativa entre os dois ambientes, em contrapartida não obtiveram os maiores índices no ambiente IR. Ainda assim estes genótipos demonstram uma

maior capacidade fotossintética para suportar longos períodos de seca, com destaque para o CRE2, que também não apresentou diferença significativa no estágio R3. Deste modo é possível que genótipos que concentram menores índices de clorofila em condições hídricas adequadas tendem a apresentar menor redução de clorofila quando submetidos a condições de estresse.

Além de menor variação nos ICT nos estádios VT e R1, os genótipos CRE2, HSG4 e HSG9, apresentaram significativa redução no acúmulo de massa seca da parte aérea, raiz e altura de plantas. Este comportamento pode ser uma estratégia morfofisiológica dos genótipos, buscando criar ajustes metabólicos e um novo estado de homeostase (MITTLER, 2006). Em contraste, o genótipo CCV apresentou uma expressiva redução no ICT nos mesmos estádios de avaliação e quando submetido ao estresse hídrico, porém, apresentou constante o acúmulo de massa seca da parte aérea e raiz nos dois ambientes, IR e ES.

Neste sentido, é possível que o genótipo CCV possua mecanismos que direcionam a produção de fotoassimilados para produção de massa seca e, conseqüentemente, produção de grãos, sob uma condição prolongada de déficit hídrico, lembrando que para o ambiente ES o ICT-R1 apresentou correlação negativa com APL e MSR e o ICT-R3 apresentou correlação negativa com APL, justificando o comportamento dos genótipos citados anteriormente (Tabela 15).

As plantas diferem quanto a sua capacidade de tolerar ambientes com déficit hídrico. De modo geral evoluíram mecanismos adaptativos para apresentarem diferentes níveis de tolerância. Estes mecanismos podem ser atribuídos a diferenças reativas em termos de percepção do estresse, transdução de sinal, e expressão gênica programada, ou outras vias metabólicas limitadas a plantas tolerantes (BARTELS & SUNKAR, 2005). Em tese, estas afirmativas se confirmam neste experimento, onde aparentemente os genótipos apresentam diferentes mecanismos de resposta frente ao nível de estresse no qual foram submetidos.

4. CONCLUSÃO

O estresse hídrico ocorrendo no pré-florescimento e florescimento, compromete o desenvolvimento vegetativo do milho, promovendo redução na altura de plantas, massa seca da parte aérea e raiz.

Sob condições de estresse hídrico os maiores índices de clorofila estão inversamente relacionados ao maior desenvolvimento vegetativo em genótipos de milho.

O genótipo CCV apresentou melhor resposta adaptativa às condições de estresse demonstrando-se promissor em programas de melhoramento visando obtenção de cultivares com maior tolerância a seca.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEBAYO, M. A.; MENKIR, A.; BLAY, E.; GRACEN, V.; DANQUAH, E.; HEARNE, S. Genetic analysis of drought tolerance in adapted x exotic crosses of maize inbred lines under managed stress conditions. **Euphytica**, v. 196, 261p. 2014.

AKINWALE, R. O.; FAKOREDE, M. A. B.; OLUWARANTI, A.; BADU-APRAKU, B.; ADEJUMOBI, I. I. Selection criteria for drought tolerance at the vegetative phase in early maturing maize. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 20, p. 816-822, 2016.

ANDRADE, J. A. D. C.; MIRANDA FILHO, J. B. D. Quantitative variation in the tropical maize population, ESALQ-PB1. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 2, p. 174-182, 2008.

ARAUS, J. L.; SERRET, M. D.; EDMÉADES, G. O. Phenotyping maize for adaptation to drought. **Front Physiol** v. 3, p. 1–28, 2012.

ASHRAF, M.; NAWAZISH, S.; ATHAR, H. U. R. Are chlorophyll fluorescence and photosynthetic capacity potential physiological determinants of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 1123-1131, 2007.

AYDINSAKIR, K.; ERDAL, S.; BUYUKTAS, D.; BASTUG, R.; TOKER, R. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. **Agricultural water management**, v. 128, p. 65-71, 2013.

BÄNZINGER, M.; EDMÉADES, G. O.; BECK, D.; BELLON, M. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: from theory to practice. Mexico, D.F.: **CIMMYT**. 68 p. 2000.

BÄNZIGER, M.; EDMÉADES, G. O.; LAFITTE, H. R. Physiological mechanisms contributing to the increased N stress tolerance of tropical maize selected for drought tolerance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 223-233, 2002.

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. Critical reviews in **Plant Sciences**, v. 24, n. 1, p. 23-58, 2005.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.

BERNINI, C. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; GUIMARÃES, P. S.; ROVARIS, S. R. S. Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. O. 8 cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. 2. Responses in reproductive behavior. **Field Crops Research** v. 31, p. 253–268, 1993.

BOTELHO, F. B. S.; BRUZI, A. T.; LIMA, I. P.; RODRIGUES, C. S.; BOTELHO, R. D. C. Inbreeding depression in single, three way and double-cross hybrids of maize. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 15, n. 3, 7 p. 2016.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA JÚNIOR, C. D. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CAIRNS, J. E.; CROSSA, J.; ZAIDI, P. H.; GRUDLOYMA, P.; SANCHEZ, C.; ARAUS, J. L.; THAITAD, S.; MAKUMBI, D.; MAGOROKOSHO, G.; BÄNZIGER, M.; MENKIR, A.; HEARNE, S.; ATLIN, G. N. Identification of drought, heat, and combined drought and heat tolerant donors in maize. **Crop Science**, v. 53, n. 4, p. 1335-1346, 2013.

CRUZ, C. D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 35, p. 271-276, 2016.

DUVICK, D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). **Advances in Agronomy**, v. 86, p. 83-145, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 353 p. 2013.

GHOLAMIN, R.; KHAYATNEZHAD, M. The effect of end season drought stress on the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters and yield in maize cultivars. **Scientific Research and Essays**, v.6, n. 25, p. 5351-5357, 2011.

INMET. Dados Históricos, 2015. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.

KAMARA, A. Y.; MENKIR, A.; BADU-APRAKU, B. IBIKUNLE, O. Reproductive and stay-green trait responses of maize hybrids, improver open-pollinated varieties and farmers' local varieties to terminal drought stress. **Maydica**, Bergamo, v. 48, n. 1, p. 29-37, 2003.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LAWLOR, D. W.; UPRETY, D. C. Effects of water stress on photosynthesis of crops and the biochemical mechanism. In *Photosynthesis: Photoreactions to Plant Productivity*. Springer Netherlands, p. 419-449, 1993.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 3, p. 223-232, 2009.

MESSINA, C. D.; PODLICH, D.; DONG, Z.; SAMPLES, M.; COOPER, M. Yield–trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance. **Journal of experimental botany**, v. 62, n. 3, p. 855-868, 2011.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**. v. 11, p. 15-19, 2006.

PAEZ-GARCIA, A.; MOTES, C. M.; SCHEIBLE, W. R.; CHEN, R.; BLANCAFLOR, E. B.; MONTEROS, M. J. Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. **Plants**, v. 4, n. 2, p. 334-355, 2015.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z; GUIMARÃES, P. D. S.; BERNINI, C. S.; GALLO, P. B. Caracteres Secundários Relacionados a Tolerância a Seca em Progênies de Irmãos Germanos Interpopulacionais de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 130-144, 2015.

RASBAND, W.S., **ImageJ**, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2016.

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; JUNIOR, M.; EURIDES, K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 836-842, 2012.

SANTOS, M. X.; ANDRADE, C.; OLIVEIRA, A. C.; LEITE, C. E. P.; CARVALHO, H. W. L.; GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N. Selected and non-selected maize hybrids behavior for ASI under water stress in flowering and grain filling. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo (Brazil)**, v. 2, p 71-81, 2003.

SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RODOVALHO, M. A.; SILVA, R. M.; MORTELE, L. M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. *Ciência Rural*, v. 36, p. 63-69, 2006.

SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; MAGALHÃES, P. C.; LINO, L. O.; ALVES, E. T.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Morphophysiology, morphoanatomy, and grain yield under field conditions for two maize hybrids with contrasting response to drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 3201-3211, 2013.

SOUZA, T. C. D.; MAGALHÃES, P. C.; CASTRO, E. M. D.; DUARTE, V. P.; LAVINSKY, A. O. Corn root morphoanatomy at different development stages and

yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 330-339, 2016.

TARDIEU, F. Any trait or trait-related allele can confer drought tolerance: just design the right drought scenario. **Journal of experimental botany**, v. 63, n. 1, p. 25-31, 2011.

TRACHSEL, S. S. M.; KAEPLER, K. M.; BROWN, J. P.; LYNCH. Maize root growth angles become steeper under low N conditions. **Field Crops Research**, v. 140, p. 18–31, 2013.

ZAIDI, P. H.; MANISELVAN, P.; YADAV, P.; SINGH, A. K.; SULTANA, R.; DUREJA, P.; SINGH, R. P.; SRINIVASAN, G. Stress adaptive changes in 1885 tropical maize (*Zea mays* L.) under excessive soil moisture stress. **Maydica**, v. 52, n. 2, p. 159-171, 2007.