

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**DÉFICIT HÍDRICO EM HÍBRIDOS DE MILHO NA REGIÃO MÉDIO-NORTE DE
MATO GROSSO**

GEAN GILBERTO RAUCH

Abril – 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**DÉFICIT HÍDRICO EM HÍBRIDOS DE MILHO NA REGIÃO MÉDIO-NORTE DE
MATO GROSSO**

GEAN GILBERTO RAUCH

ORIENTADOR: PROF. DR. ONÃ DA SILVA FREDDI

CO-ORIENTADOR: Msc. JOAQUIM PEDRO DE LIMA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Agronomia do
ICAA/CUS/UFMT, como parte das exigências
para obtenção do Grau de Bacharel em
Agronomia.

ABRIL – 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

R241d Rauch, Gean Gilberto.
DÉFICIT HÍDRICO EM HÍBRIDOS DE MILHO NA REGIÃO
MÉDIO NORTE DE MATO-GROSSO / Gean Gilberto Rauch. -- 2019
34 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Onã da Silva Freddi.

Co-orientador: Joaquim Pedro de Lima.

TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato
Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Florescimento. 2. Período crítico. 3. Atributos de planta. 4. Atributos
de Raiz. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA
Coordenador: Prof. Dr. Carlos Cesar Breda



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: *deficit hídrico em híbridos de milho na Região Médio-Norte de Mato Grosso*

ACADÊMICO: *Geon Gilberto Rouch*

ORIENTADOR: *Prof. Onã da Silva Frazzetti*

CO-ORIENTADOR: *Msc. Joaquim Pedro de Lima*

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Nome
Orientador

Nome *Carlos Cesar Breda*
Membro ou Co-orientador

Nome *Marcelo R. Zanuz*
Membro

DATA DA DEFESA: 18/04/2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Claudio Rauch e Ivanete Bortesi Rauch

Meus agradecimentos, pelo amor, carinho, apoio, atenção e paciência, pois sem eles não seria possível minha caminhada até aqui.

Aos meus irmãos

Tiago Luiz Rauch e Maurício Rauch

Minha homenagem e gratidão.

Ao meu falecido irmão

Leandro Henrique Rauch

Que comemorou comigo minha entrada na universidade e hoje não está comigo para comemorar minha saída.

A minha vó

Olga D' Aparecida Balerini Bortesi

Minha homenagem e gratidão.

À minha namorada

Bárbara Mirelly Pereira Pieper

Pelo amor, amizade e companheirismo.

“Entrega o teu caminho ao Senhor, confie nele, e o mais ele fará”.

(Salmos 37:5)

AGRADECIMENTOS

À Deus, obrigado senhor pela misericórdia e bênçãos que me deste ao longo da vida.

À minha família, meus pais Claudio Rauch e Ivanete Bortesi Rauch, meus irmãos Tiago Luiz Rauch, Leandro Henrique Rauch e Maurício Rauch, a minha vó Olga D'Aparecida Balerini Bortese e demais familiares pelos ensinamentos, apoio e suporte que tornaram meus objetivos mais fáceis.

À minha namorada e melhor amiga Bárbara Mirelly Pereira Pieper, pelo amor, carinho, apoio e paciência comigo ao longo desses mais de 3 anos de namoro.

Ao professor Dr. Onã da Silva Freddi, que além de um ótimo professor, orientador, também é um amigo que levarei por toda vida, meus agradecimentos pelos ensinamentos, orientação e amizade ao longo da minha graduação, que foram fundamentais para realização desse trabalho e minha formação profissional e pessoal.

Ao meu co-orientador Joaquim Pedro de Lima, pela amizade, ensinamentos, paciência e colaboração ao longo da realização desse trabalho.

Ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso campus de Sinop. Aos professores da Graduação em agronomia, pelos conhecimentos transmitidos, que foram fundamentais a minha formação.

Aos meus amigos de graduação, Leonardo Pontello, João Lazzeris e Thomaz Ulrich, obrigado pela amizade. E aos meus amigos do laboratório de solos: Joaquim Pedro de Lima, Adriel Rigotti, Giovani Catapan, Jônatas Musskopf, Matheus Bortolanza, Renan Tavanti, Tauan Tavanti, Marcos Euzébio, Leidimar Morais, Felipe Diel, Victor Veiga e muitos outros, obrigado pela amizade e apoio.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para mais essa conquista, **muito obrigado!**

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELA.....	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A cultura do milho	3
2.2 Água no Solo	4
2.3 Déficit hídrico	6
3 MATERIAIS E MÉTODOS	7
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
5 CONCLUSÕES.....	18
6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	19

RESUMO

O milho é uma importante cultura agrícola no mundo, no Brasil possui a segunda maior área cultivada, correspondendo a 37% da produção nacional de grãos, sendo que 70% da produção é devido ao cultivo do milho segunda safra. Nesse cenário, o estado de Mato grosso se destaca como o maior produtor do país, sendo que a região médio norte é responsável por 44,32% da produção de milho do estado. Porém, o milho apresenta alta sensibilidade ao déficit hídrico em um curto período de tempo, que corresponde ao florescimento, e devido ao fato de ser plantado fora da época propícia e a alta variabilidade das chuvas nesse período, a ocorrência de déficit hídrico nesse período pode acarretar limitações a produtividade. Devido a isso, a seleção de híbridos que apresentem algum mecanismo de tolerância ao déficit hídrico é umas das alternativas para minimizar as limitações climáticas impostas ao milho safrinha. Com isso, um experimento visando a comparação de três híbridos simples de milho submetidos a déficit hídrico no período de florescimento foi instalado em Lucas do Rio Verde, estado de Mato Grosso. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados com dois fatores e três repetições. O fator principal corresponde ao manejo de irrigação e o secundário aos híbridos de milho. Para o manejo da irrigação utilizou-se gotejadores de subsuperfície, utilizando-se duas condições de irrigação, sendo a primeira o solo mantido no conteúdo água próximo a capacidade de campo (cc) durante todo o ciclo da cultura, e na segunda condição o conteúdo de água no solo foi mantida a 1 atm no intervalo entre o estágio de pendramento até o estágio R1. Foram utilizados os híbridos de milho NS45 VIP3, P30F53 VYH e SYN522 VIP. O déficit hídrico reduziu a altura de plantas e o peso de cem grãos. O híbrido P30F53 teve o maior diâmetro de colmo e massa seca. Os híbridos NS45 VIP3 e SYN522 VIP tiveram aumento no comprimento radicular quando submetidos ao déficit hídrico. Os híbridos NS45 VIP3 e SYN522 VIP foram os mais produtivos quando submetidos ao déficit hídrico.

Palavras-chaves: Florescimento, período crítico, atributos de planta, atributos de raiz.

ABSTRACT

Corn is an important agricultural crop in the world, Brazil has the second largest cultivated area, accounting for 37% of national grain production, 70% of which is due to the cultivation of second crop maize. In this scenario, the state of Mato Grosso stands out as the country's largest producer, with the middle northern region accounting for 44.32% of the state's corn production. However, maize presents high sensitivity to water stress in a short period of time, which corresponds to flowering, and due to the fact that it is planted outside the favorable season and high rainfall variability during this period, the occurrence of water stress in this period may productivity. Due to this, the selection of hybrids that present some mechanism of tolerance to the water stress is one of the alternatives to minimize the climatic limitations imposed on the corn. Thus, an experiment aimed at comparing three simple maize hybrids submitted to water stress during the flowering period was installed in Lucas do Rio Verde, state of Mato Grosso. The design was a randomized complete block with two factors and three replications. The main factor corresponds to the irrigation management and the secondary one to the corn hybrids. For the irrigation management, subsurface drippers were used, using two irrigation conditions, the first soil being kept in the water content close to the field capacity (cc) throughout the crop cycle, and in the second condition the contents of water in the soil was maintained at 1 atm in the interval between the pumping stage and the R1 stage. Hybrids of corn NS45 VIP3, P30F53 VYH and SYN533 VIP were used. Water stress reduced the height of plants and the weight of one hundred grains. The hybrid P30F53 had the largest diameter of stem and dry mass. Hybrids NS45 VIP3 and SYN533 VIP had increase in root length when submitted to water stress. Hybrids NS45 VIP3 and SYN533 VIP were the most productive when submitted to water stress.

Key-words: Flowering, critical period, plant attributes, root attributes.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Resumo da análise de variância para atributos de híbridos de milho submetidos a diferentes manejos de irrigação.	11
Tabela 2. Resumo da análise de variância para os atributos do sistema radicular dos híbridos de milho submetidos a diferentes manejos de irrigação.	14

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Variação do potencial mátrico da água no solo ao longo do estudo para os dois manejos de irrigação nas profundidades de 0,2 e 0,4 m 8
- Figura 2. Comparação de média para o efeito do déficit hídrico na altura de plantas (A), e no peso de 100 grãos (b) do milho. As barras referem-se ao erro padrão da média. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. 12
- Figura 3. Comparação de média entre híbridos de milho para os atributos de diâmetro de colmo (A), massa seca (B), e interação entre híbridos e manejo de irrigação (C). As barras referem-se ao erro padrão da média. Letras iguais não se diferem pelo teste de Tukey a 5%. Para a interação letras maiúsculas refere-se à comparação entre híbridos na mesma irrigação, letras minúsculas refere-se à comparação do mesmo híbrido entre as irrigações..... 13
- Figura 4. Comparação de média para três híbridos de milho em relação ao diâmetro radicular (DR), área superficial (AS) e comprimento radicular (CR) em diferentes profundidades. As barras referem-se ao erro-padrão das médias. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%..... 15
- Figura 5 Comparação de três híbridos de milho submetidos a dois manejos de irrigação no período reprodutivo, primeiro manejo irrigação na capacidade de campo (cc) e o segundo déficit de 1 atm. As barras referem-se aos erros-padrão das médias. Letras maiúsculas comparação entre híbridos na mesma irrigação, letras minúsculas comparação dos mesmos híbridos nas diferentes irrigações, letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ... 16

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays L.*) é uma cultura de importância mundial, cultivado em quase todos os países sob diferentes climas e manejos (ALMEIDA et al., 2017). O milho se destaca em âmbito nacional por ter a segunda maior área plantada, com cerca de 16,6 milhões de hectares, tendo uma produtividade média de 4.890 kg ha⁻¹, e uma produção total de 82,1 milhões de toneladas, correspondendo a 37% da produção total de grãos do Brasil (CONAB, 2018).

O milho tem grande importância no cenário econômico nacional devido as suas diversas formas de utilização, que varia desde a alimentação animal até na industrial de alta tecnologia, representando 0,5% do produto interno bruto (PIB) considerando apenas a produção de grãos (DUARTE et al., 2018). O milho segunda safra representa 70% do total da área destinada a esse cultivo, onde a região Centro-Oeste destaca-se como a maior produtora de milho segunda safra (CONAB, 2018), e pelo fato de ser cultivado fora da época mais propícia, as adversidades climáticas são fatores determinantes para o sucesso da produção (MANGILI & ELY., 2014).

Dentre os fatores que mais afetam a produtividade do milho destaca-se o clima, um dos principais responsáveis pelas oscilações na produção agrícola no Brasil. Muitos estudos de produção agrícola resultaram na alta correlação entre a variação das safras das principais culturas e as condições climáticas, sendo que, as condições hídricas são as que mais afetam as produções agrícolas. O milho por ser uma planta sensível ao déficit hídrico, sofre com essas variações do regime pluviométrico, desta forma sua produção pode ser afetada drasticamente por estiagens, se estas coincidirem com o período crítico da cultura que vai do florescimento até o início do enchimento de grãos (BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014).

BERGAMASCHI et al. (2004), estudando o efeito da distribuição hídrica no período crítico do milho, obteve uma produtividade de grãos na faixa do 10.000kg ha⁻¹ nas parcelas sem restrição hídrica, e nas parcelas onde houve forte restrição hídrica a produtividade de grãos foi abaixo dos 2.000 kg ha⁻¹. Já para COSTA et al. (2008), ao avaliar o efeito de 4 níveis de água disponível em dois híbridos de milho, no período vegetativo e reprodutivo, constataram que as plantas submetidas aos tratamentos de 50% de água disponível e no ponto de murcha permanente durante 20 dias no período reprodutivo, não apresentaram recuperação após a irrigação até 100% de água disponível, concluindo que o milho é bastante sensível a déficit hídrico nesse fase da cultura.

A semeadura do milho segunda safra é realizada no final do período chuvoso no estado do Mato grosso (SCHLICHTING et al., 2014), e devido ao fato do milho ser uma cultura de habito de crescimento determinado, essa se torna mais sensível ao déficit hídrico quando se

inicia a fase reprodutiva, sendo assim por apresentar alta sensibilidade em um período curto de tempo, juntamente com uma grande variabilidade nas distribuições das chuvas nessa região, o milho se torna uma cultura altamente suscetível ao déficit hídrico (BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014).

No ano agrícola 2017/2018, no estado de Mato Grosso houve um atraso para que se estabelecesse o período chuvoso, e conseqüentemente ocorreu atrasos na semeadura de milho, conseqüentemente parte da safra foi semeada fora do período ideal acarretando riscos a produção. Devido ao atraso na semeadura, houve uma redução de 2,9% da área plantada, havendo também redução da produtividade, diminuindo 5,7% em relação à safra anterior, onde o milho no período do florescimento e maturação sofreu restrições hídricas por falta de chuva em boa parte do estado (CONAB, 2018).

Por isso a capacidade das plantas em suportar déficit hídrico é de extrema importância econômica (LIZAR et al., 2012), e devido a tais condições de cultivo, se faz necessário a adoção de alguma estratégia que minimize tais riscos a produção dessa importante cultura. Entre essas estratégias, pode-se buscar selecionar cultivares que possuem algum mecanismo de tolerância ao déficit hídrico. A seleção de cultivares com alguma resistência ou tolerância ao déficit hídrico é uma das estratégias econômica e eficiente para regiões onde ocorre a seca (MATOS apud TURNER., 1991). Segundo SILVA et al. (2012), a escolha do material mais adequado a cada situação é o principal fator de acréscimo na produtividade, podendo ser obtido sem custo adicional, portando o potencial de produção pode ser explorado pela implementação da escolha criteriosa do genótipo que se adapte às condições de cultivo.

Aliado a isso, a região médio-norte de Mato Grosso está localizada em uma região de transição dos biomas Cerrado e Amazônia, sendo responsável por produzir 44,32% da safra de milho do estado (IMEA, 2018), apresentando regime hídrico e temperatura distintas do Cerrado, sendo que apenas esse fato justificaria a seleção de híbridos adaptadas para essa região. Contudo, a elevada oferta desse cereal e baixos preços na região, que estão associados a precária logística de escoamento da produção, resultaram em expansão das atividades de suinocultura e avicultura (OLIVEIRA., 2015). Aliado a isso, usinas de álcool de milho estão se estabelecendo nesta região, como exemplo a recente instalação de uma indústria de etanol derivado do milho no município de Sinop. Devido a este cenário, existe o projeto de construção da ferrovia Ferrogrão, que fará o trajeto de Sinop (MT) ao porto de Miritituba (PA). Portanto, há uma forte tendência no aumento da demanda de grãos e perspectiva de elevação dos preços pagos ao produtor, melhorando a rentabilidade da cultura e sua importância socioeconômica.

Devido a isso, a busca por híbridos de milho segunda safra que sejam mais adaptados a condições adversas na fase reprodutiva torna-se indispensável para evitar reduções na produtividade. Assim objetivou-se nesse estudo comparar híbridos de milho submetidos ao déficit hídrico no período reprodutivo da cultura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do milho

O milho, espécie *Zea mays l.*, pertence à família das *poaceas*, sendo a única espécie explorada comercialmente do gênero e com origem nas Américas. A estrutura morfológica do milho se caracteriza por ser uma planta constituída por uma haste cilíndrica, com nós e entre nós compactos, onde os nós abaixo do solo produzem raízes e os acima do solo podem produzir perfilhos e raízes de suporte. As folhas podem permanecer no estado rudimentar ou desenvolver a inflorescência feminina, os colmos compactos terminam numa inflorescência masculina (FILHO., 2007).

O milho é uma cultura que vem sendo cultivada há muitos anos, há relatos e provas arqueológicas e geológicas que ela é utilizada pela humanidade há pelos menos cinco mil anos (DUARTE et al., 2018). O milho é cultivado em quase todos os continentes, tendo sua importância econômica devido as suas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (PAES.,2008).

O milho é cultivado em todo território brasileiro, tendo como destaque a segunda maior área cultivada no país. O cultivo de milho destaca-se na produção de grãos e também como a cultura com o segundo maior volume produzido. Sua importância se dá também pela mão de obra que é empregada no setor, tendo por característica a geração de empregos no meio rural (SOUZA & BRAGA., 2012).

A região Centro-Oeste destaca-se como a maior região produtora, com cerca de 41,5 milhões de toneladas, correspondendo a 51% da produção nacional, que ficou na casa dos 81,3 milhões de toneladas. O Mato-Grasso é o maior estado produtor de milho, produzindo até mais que as outras regiões do Brasil, onde sua produção é de 26,4 milhões de toneladas, correspondendo a quase 63% da produção do Centro-Oeste e de 32% em relação a produção nacional (CONAB.,2018).

A maior parte do milho produzido é destinada a alimentação animal, principalmente na alimentação de aves, suínos e bovinos, chegando a consumir 50,6 milhões de toneladas, o consumo industrial tem sua importância dentro do cenário econômico do milho consumindo

6,7 milhões de toneladas, o consumo humano direto de milho é de apenas 1,9 milhões de toneladas, e os outros usos do milho chega à casa dos 3,9 milhões de toneladas (ABIMILHO., 2018).

No geral, as condições climáticas causam elevadas reduções na produção brasileira de milho (BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014). O milho é relativamente tolerante a seca no período vegetativo, mas em período reprodutivo, se houver déficit hídrico apresenta redução na produtividade de grãos (KASELE et al., 1994)

No milho, grande é a redução no rendimento de grãos se houver déficit hídrico, principalmente entre duas semanas antes e duas semanas após o espigamento, onde a maior redução ocorre com déficit no estado fenológico R1 (BERGAMASCHI & MATZENAUER apud RITCHIE, 1993). A quantidade de água requerida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600mm e o consumo diário varia de acordo com os estádios de desenvolvimento, onde o consumo no período reprodutivo está entre 5 a 7,5 mm diários, podendo ser maior dependendo da temperatura (MATOS apud CRUZ et al., 2010).

2.2 Água no Solo

O solo é um material natural composto por duas partes: uma parte sólida chamada de sólidos do solo ou matriz do solo e a outra parte não ocupada pelos sólidos, chamado de espaço poroso ou poros do solo. Essa parte porosa do solo é ocupada por quantidades variáveis de uma solução aquosa denominada de água do solo, e de uma solução gasosa chamada de ar no solo (LIBARDI., 2010).

Á água chega ao solo através da chuva ou irrigação, infiltra e preenche a capacidade de armazenamento do solo, sendo conduzida pelo solo para as camadas mais profundas e alimenta o lençol freático e aquíferos (REINERT & REICHERT., 2006). Dois são os processos que explicam a retenção de água no solo, sendo que primeiro processo, a retenção ocorre nos chamados poros capilares do solo, pelo fenômeno de capilaridade, no segundo processo, a retenção ocorre nas superfícies dos sólidos do solo como filmes presos a ela, pelo fenômeno de adsorção (LIBARDI., 2010). A fração de água que fica armazenada no solo não é totalmente disponível as plantas, sendo absorvida e transpirada no mesmo tempo que evapora diretamente do solo para a atmosfera (REINERT & REICHERT., 2006).

No solo, a água disponível às plantas se encontra entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. A capacidade de campo representa a máxima quantidade de água que o solo pode reter, após a drenagem do excesso por gravidade. O ponto de murcha permanente

representa a quantidade de água no solo a qual as plantas entram em estado de murcha e não readquirem a turgidez, mesmo em atmosfera saturada (BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014).

A retenção de água no solo é uma importante propriedade física, sendo utilizada em diversas aplicações da física do solo e na hidrologia, além disso, para a agronomia é fundamental o estudo dessa propriedade por permitir diversas aplicações no manejo, onde uma delas é a irrigação. A retenção de água no solo pode ser utilizada para estimar o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo (GUBIANI et al., 2012).

A quantidade de água que é retida no solo é um importante parâmetro do solo, mas não informa sua disponibilidade. Se consideramos os poros do solo como um sistema capilar e com determinada área superficial entenderemos que a água é retida no solo devido aos mecanismos de capilaridade e adsorção (LIBARDI., 2012). A capilaridade explica a ascensão da água nos poros contra a gravidade e lateralmente, sendo que a medida que o solo seca, diminui o volume de água retido até que a água fique retida pelo efeito de adsorção (REINERT & REICHERT., 2006).

A água que é retida no solo pode ser expressa de duas maneiras, a primeira por unidade a base de massa de solo denominada de umidade gravimétrica (U_g) onde mostra a massa de água presente numa quantidade de massa de solo em determinado momento, e também por unidade a base de volume (U_v) que mostra o volume que a água ocupa em determinado volume de solo em um determinado instante (LIBARDI., 2012). No laboratório é possível construir curvas que relacionam a umidade do solo e o potencial matricial, denominando-se de curva de retenção de água no solo (GUBIANI et al., 2012).

Em virtude da heterogeneidade dos poros dos solos, com formas e tamanhos diferentes de um solo para outro, não é possível obter-se equações teóricas para o potencial mátrico. Como esse potencial varia, com a variação de água no solo, sendo tanto menor quanto mais seco estiver o solo, foram desenvolvidos aparelhos que buscam fazer essa medição do conteúdo de água no solo correlacionando com o potencial mátrico, onde essa correlação foi denominada de curva de retenção de água no solo (LIBARDI., 2010).

Um dos equipamentos que é utilizado para a medição do potencial mátrico do solo é a câmara de pressão. Esse equipamento também chamado de câmara de pressão de Richards consiste basicamente de uma câmara construída para suportar altas pressões, com uma placa de cerâmica porosa no seu interior. Para a utilização do equipamento, são colocadas amostras de solo na superfície da placa de cerâmica ambas saturadas com água. Logo após é aplicado no interior da câmara uma pressão de ar, isso faz com que a solução se mova do solo para fora da

câmara, por um gotejador, que depois de certo tempo para, atingindo o equilíbrio, e nessa condição de equilíbrio, sabemos que o potencial total da solução da amostra, é equivalente a opressão aplicada (LIBARDI., 2012) .

O atributo curva de retenção de água no solo é um importante indicador da qualidade física do solo e está diretamente relacionada com o desenvolvimento das plantas (DAVALO apud, SILVA et al., 2010).A curva de retenção de água no solo mostra a dinâmica da água no solo, podendo ser calculada o volume de água que um solo pode reter dentro dos limites do potencial matricial, e também a curva de retenção de água no solo pode ser usada para interpretar o armazenamento em relação as necessidades hídricas do cultivo (URACH., 2007).

A curva de retenção de água no solo é uma ferramenta que pode auxiliar o produtor no manejo de irrigação, sendo que essa curva representa a relação entre o teor de água e a energia com a qual ela está retida no solo. Porém é uma propriedade de difícil mensuração pelo tempo que se gasta nas análises (NASCIMENTO, 2009).

2.3 Déficit hídrico

Desde o início da agricultura o déficit hídrico do mais leve até as mais intensas tem sido uma das principais limitações na produção vegetal (BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014). A seca ocorre em muitas partes do mundo a cada ano, atingindo plantas cultivadas em campo em climas áridos, semiáridos e também em locais onde a precipitação é adequada mas não uniforme (LIZAR et al.,2012).O déficit hídrico ocorre quando o suprimento de água as raízes se tornam limitante ou quando a taxa de transpiração se torna intensa (TEREZA & LAWLOR., 1999, LIZAR et al.,2012, BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014).

A seca provoca alterações no comportamento vegetal cuja a irreversibilidade vai depender do genótipo, duração, severidade e do estágio fenológico da planta (SANTOS & CARLESSO., 1998) O déficit hídrico altera o equilíbrio normal das plantas e levam a uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares, afetando seu crescimento e produtividade (LIZAR et al.,2012, BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014).

As plantas otimizam a morfologia, fisiologia e metabolismo para maximizar a produção sob condições de seca, a resposta fisiológica da planta ao déficit hídrico é altamente complexo. Essa complexidade deve-se a diferentes fatores como espécie, variedade, duração e intensidade do déficit, mudanças na demanda atmosférica e condições ambientais, bem como estado fenológico em que se ocorre o déficit hídrico (LIZAR et al.,2012).

A água compreende cerca de 80-90% da biomassa de plantas não lenhosas (ALKINC & LÖSEL, apud KRAMER et al 1995), sendo a molécula central em todos os processos fisiológicos das plantas por ser o principal meio de transporte de metabólitos e nutrientes, onde o déficit hídrico leva a inibição do crescimento por afetar o fechamento estomático limitando a assimilação do carbono, podendo causar também falha reprodutiva (LIZAR et al.,2012).

A fotossíntese é particularmente sensível aos efeitos da deficiência de água, sendo que a mais baixa taxa fotossintética é um efeito comum do estresse hídrico e tem sido atribuído principalmente à limitação estomática e secundariamente ao comprometimento metabólico. As taxas de assimilação fotossintéticas nas folhas diminuem devido à baixa eficiência de carboxilação e inibição da atividade do cloroplasto em baixo potencial hídrico. Plantas mais tolerantes controlam a abertura dos estômatos para permitir alguma fixação de carbono onde o aumento da resistência estomática sob níveis de déficit indica a eficiência de uma espécie para conservar a água (LIZAR et al.,2012).

Com déficit hídrico, há uma tendência de diminuição de crescimento foliar, ramos e raízes, que diminuem proporcionalmente com o aumento do déficit hídrico (ALKINCI apud., FRESNILLO FEDORENKO et al., 1995). O déficit hídrico é associado à diminuição do comprimento do caule em plantas com redução de até 25% na altura de plantas. Diminuição de crescimento das folhas e plasticidade da área foliar foram observados em condições de seca, embora a economia de água seja o importante resultado da menor área foliar, causa redução no rendimento das culturas através da redução da fotossíntese, além da baixa produção da biomassa da planta a partir da menor área foliar consequentemente menor taxa fotossintética (LIZAR et al.,2012).

As plantas que possui hábito de crescimento determinado são mais sensíveis ao déficit hídrico durante a iniciação floral, a floração e o desenvolvimento inicial dos frutos e grão, sendo que cada órgão da planta e cada processo fisiológico da planta pode responder diferentemente ao déficit hídrico (BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma estação experimental no município de Lucas do Rio Verde. Região médio norte de Mato Grosso, situada nas coordenadas geográficas 13° 03' 01''S, 55° 54' 40''W com 390 m de altitude. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de acordo com a classificação da EMBRAPA. (2013). O clima da região é classificado como Aw (tropical) segundo a classificação de Köppen, com

temperatura média de 25°C e precipitação média anual de 1869 mm (ALVARES et al., 2014). Para este clima duas estações são bem definidas, uma estação chuvosa (outubro a abril) e uma estação seca (maio a setembro).

O experimento foi conduzido em faixas no delineamento de blocos completos casualizados, com dois fatores e três repetições. O fator principal corresponde ao manejo de irrigação e o secundário aos híbridos de milho. A irrigação foi manejada em duas condições, sendo a primeira condição o conteúdo de água no solo mantido na capacidade de campo (cc) durante todo o ciclo da cultura, e na segunda condição, quando os híbridos estavam no estágio de pendoamento, o conteúdo de água no solo foi reduzido a 1 atm, permanecendo por 15 dias, até o estágio de R1, e posteriormente voltando a cc (Figura 1).

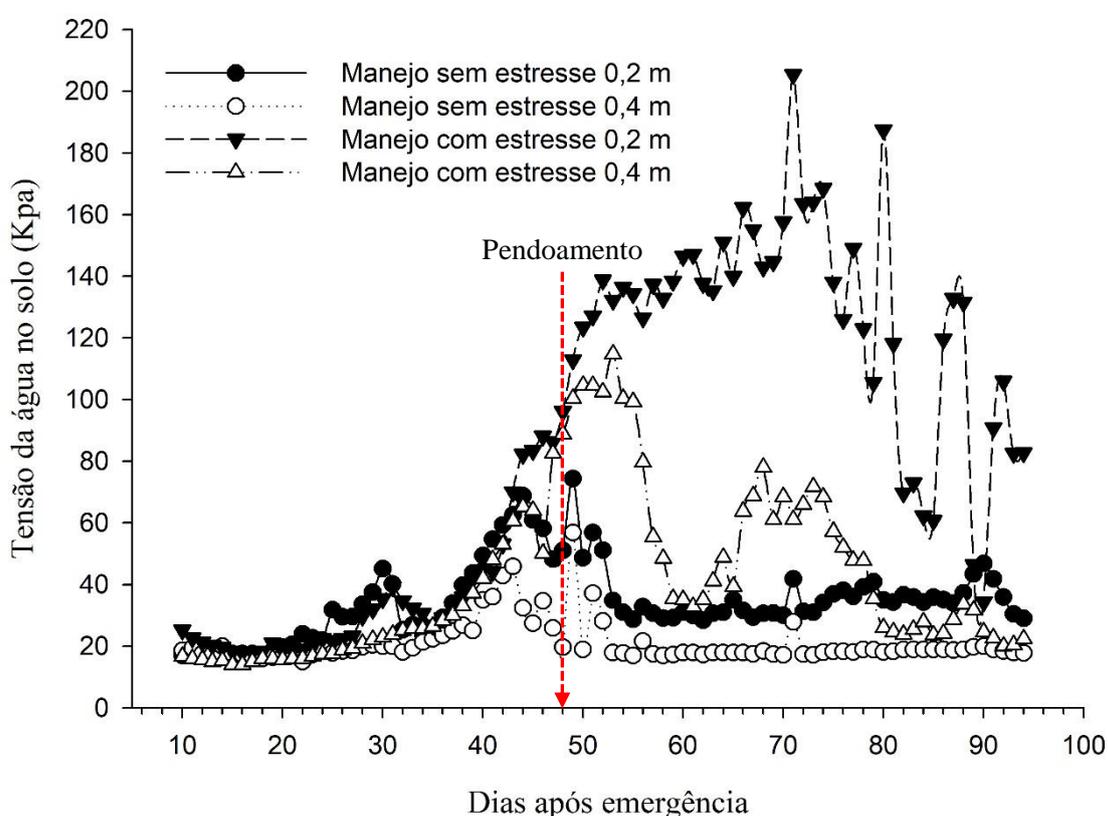


Figura 1 Variação do potencial mátrico da água no solo ao longo do estudo para os dois manejos de irrigação nas profundidades de 0,2 e 0,4 m

Para definir o manejo da irrigação, foram coletadas no dia 29/11/2017 amostras de solo com estrutura indeformada. Para isso foram utilizados cilindros volumétricos com dimensões de 0,05m de altura e 0,05m de diâmetro nas camadas de 0,15-0,20 e 0,30-0,35m. As amostras de solo foram levadas ao laboratório de física do solo da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, em seguida foram saturadas, por meio da elevação gradual de uma lâmina de água em bandeja por 24h, e em sequência submetidas aos potenciais mátrico (ψ) de -30, -60 e

-100 hPA em uma mesa de tensão; e -300, -600, -1.000, -2.000, e -5.000 hPA em câmaras de Richards com placa porosa (KLUTE, 1986). Para a determinação do conteúdo de água na tensão de 15.000 hPA, foi utilizada amostras de solo deformadas em câmara de Richards. Após o equilíbrio das amostras em cada tensão, foram determinados seus conteúdos de água (GARDNER, 1986), e encerrando as determinações, as amostras foram secas em estufas a 105°C até peso constante.

Os ajustes da curva de retenção de água no solo (CRA) foram realizados pelo modelo proposto por Genuchten (1980), com a restrição de Mualem (1976), na qual $m=1-1/n$. Utilizou-se o software SWRC (DOURADO NETO et al., 2001) para obtenção dos parâmetros de ajuste, conforme a equação 1.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\Psi_m|)^n]^{1-1/n}} \quad (1)$$

em que: θ é a umidade volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_r é a umidade residual ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_s é a umidade de saturação ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Ψ é o potencial mátrico (hPa); e α e n são os parâmetros empíricos da equação. Para o manejo da irrigação foi utilizada uma curva de retenção média para todo o experimento considerando-se a profundidade do solo de 0,0-0,40 m.

Para o controle de umidade do solo foi utilizado o sistema de irrigação do tipo gotejamento de subsuperfície, com mangueiras gotejadoras enterradas a 0,30 m de profundidade e espaçadas a 1,2 m de distância entre mangueiras. Para o monitoramento do potencial mátrico de água no solo, utilizou-se tensiômetros do modelo IRROmesh instalados na profundidade de 0,20 e 0,40 m.

No dia 16 de abril de 2018, os híbridos de milho NS45 VIP3 (híbrido 1), P30F53 VYH (híbrido 2) e SYN522 VIP3 (híbrido 3), foram semeados a 0,05 m de profundidade, em parcelas de que consistia de 4 linhas de 5 m, espaçadas a 0,6 m e 3,6 sementes por metro, utilizando uma adubação no sulco de semeadura de 30 kg ha^{-1} de N, 75 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 50 kg ha^{-1} de K_2O . Para adubação de cobertura utilizou-se 120 kg ha^{-1} de N e 20 kg ha^{-1} de K_2O , o manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura.

No dia 07/08/2018 quando os grãos de milho estavam no estágio de maturidade fisiológica, foram coletadas duas amostras de solo com raiz por parcela, nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, para determinação de atributos do sistema radicular. Para isso foi utilizado um trado de raiz com dimensões de 0,10 m de altura e 0,07 m de diâmetro,

No laboratório as amostras de solo foram lavadas em peneiras de 0,002 e 0,001 m de abertura de malha. As raízes retidas nas peneiras foram coletadas com auxílio de pinças e acondicionadas em frascos contendo solução de água mais álcool. As amostras de raízes foram coradas com azul de metileno e escaneadas em um “scanner” do modelo HP Scanjet G2710 com resolução de 200dpi. As imagens escaneadas foram analisadas através do software Safira (EMBRAPA, 2010) obtendo-se assim os valores de comprimento total das raízes (CR), área superficial (AS) e diâmetro ponderado das raízes (DR) que foram divididas pelo volume de solo coletado. Na sequência as amostras foram levadas para estufa a +65 °C até atingirem peso constante, e depois pesadas para obtenção da massa seca de raízes (MSR).

No mesmo dia da coleta de raízes, os seguintes atributos das plantas de milho foram mensurados: altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), e diâmetro de colmo (DC) foram analisadas 5 plantas por parcela as quais também em seguida foram cortadas e levadas para o laboratório com o intuito de se determinar o comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF) e peso de cem grãos (P100) a 13% de umidade (TEIXEIRA & COSTA., 2010). Por fim as plantas mais o sabugo foram cortadas e colocadas em sacos de papel e levadas para estufa a +65° até atingirem o peso constante, para determinação da matéria seca. Esse valor foi extrapolado para a população de um hectare obtendo-se assim a matéria seca total. A produtividade foi obtida extrapolando-se a produção de grãos da parcela para um hectare corrigindo a umidade de grãos para 13%.

Verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk a 5%. Todas as variáveis do estudo apresentaram distribuição normal, não havendo necessidade de transformação dos dados. Com isso, realizou-se a análise de variância e quando o teste F foi significativo ($p < 0,05$) as médias dos atributos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo da análise de variância para os atributos das plantas se encontra na Tabela 1. Para os atributos de AP e P100, houve diferença entre as médias somente para os manejos de irrigação. Para DC e MS verificou-se diferença entre os híbridos. Somente a PD apresentou interação entre os fatores híbridos e irrigação. Para o atributo AIE não foi observado diferenças para nenhum fator, assim como para os atributos da espiga.

Para AP (Figura 1A), o teste de tukey demonstrou que independente do híbrido utilizado, quando não houve o déficit hídrico no pendoamento, as plantas de milho ficaram maiores, ou

seja, as plantas ainda estavam em processo de crescimento. Segundo CAKIR apud SALVADOR & PEARCE (1995), estruturas vegetativas do milho continuam a crescer mesmo após o processo de fecundação. Contudo, os autores afirmam que tal situação só aconteceria desde que as plantas de milho tivessem acesso a nutrientes e fotoassimilados. Esse comportamento também foi observado por MELO et al. (2018), que estudando genótipos de milho submetidos a déficit hídrico no período de pendoamento, também encontraram menor AP em relação aos genótipos sob ambiente sem déficit hídrico.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para híbridos de milho submetidos a diferentes manejos de irrigação.

	Características das plantas									
	AP	AIE	DC	MS	CE	DE	NF	NGF	P100	PD
Bloco	5.80 ^{ns}	27.83 [*]	0.07 ^{ns}	2.87 ^{ns}	1.65 ^{ns}	0.81 ^{ns}	0.34 ^{ns}	1.15 ^{ns}	0.78 ^{ns}	1.56 ^{ns}
Irrigação (I)	24.44 [*]	2.75 ^{ns}	13.65 ^{ns}	0.09 ^{ns}	3.85 ^{ns}	17.97 ^{ns}	2.32 ^{ns}	17.92 ^{ns}	97.28 [*]	29.66 [*]
Híbrido (H)	4.86 ^{ns}	6.11 ^{ns}	16.05 [*]	27.58 ^{**}	1.72 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.68 ^{ns}	1.20 ^{ns}	25.65 ^{**}
H x I	4.45 ^{ns}	1.30 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.20 ^{ns}	2.44 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.16 ^{ns}	3.08 ^{ns}	26.56 ^{**}
CV 1%	1.15	2.93	3.57	9.98	6.68	3.84	3.02	4.89	2.61	9.78
CV 2%	2.82	3.79	3.67	5.39	6.11	4.95	7.01	13.33	10.96	7.54
CV 3%	1.20	4.57	8.33	7.86	2.75	4.73	4.80	10.15	4.34	3.86
Média Geral	2.51	1.14	2.04	7.03	14.55	4.26	16.85	29.81	24.22	5.77

Valores de F calculado para altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa seca (MS), comprimento de espiga (CE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), peso de cem grãos (P100) e produtividade (PD). CV1, CV2 e CV3 referem-se ao coeficiente de variação em porcentagem para I, H e HxI respectivamente. ** e * significativos a 1% e 5% respectivamente, ^{ns} não significativo.

Para a AIE, MAGALHÃES & DURÃES (2008) explicaram que a AIE é definida em V17, devido a isso, não foi observado diferença na AIE, pois o déficit hídrico só foi iniciado no pendoamento.

Para ambos os atributos de DC (Figura 2A) e MS (Figura 2B), o híbrido 2 teve média superior aos híbridos 1 e 3, independente do manejo de irrigação adotado. Devido ao híbrido 2 apresentar maior DC, esse atributo influenciou diretamente a produção de MS, explicando a superioridade do híbrido 2 nesse atributo.

Em relação ao NGF, resultados contraditórios foram verificados. Pois se o milho sofrer com déficit hídrico no período do florescimento, essa condição ambiental ocasiona baixa polinização e conseqüentemente baixo NGF (SANTOS et al., 1998; BERGAMASCHI & MATZENAUER., 2014). Com isso, tanto os estigmas quando os grãos de pólen tendem ao ressecamento, inviabilizando o processo de fecundação (MAGALHÃES & DURÃES., 2008).

Entre os estádios fisiológico de V12 a V17, é definido na espiga o potencial máximo de NGF, e consequentemente o CE (BERGAMASCHI & MATZENAUER apud BENSON 1994), e devido a tal condição fisiológica, e pelo fato do déficit hídrico ser aplicado após essa fase, não houve redução CE para os manejos de irrigação. Para ALMEIDA et al. (2017), estudando estratégia de manejo hídrico durante o desenvolvimento da cultura, também constataram que para o milho no sistema irrigado e sequeiro, não apresentaram diferença em relação ao CE.

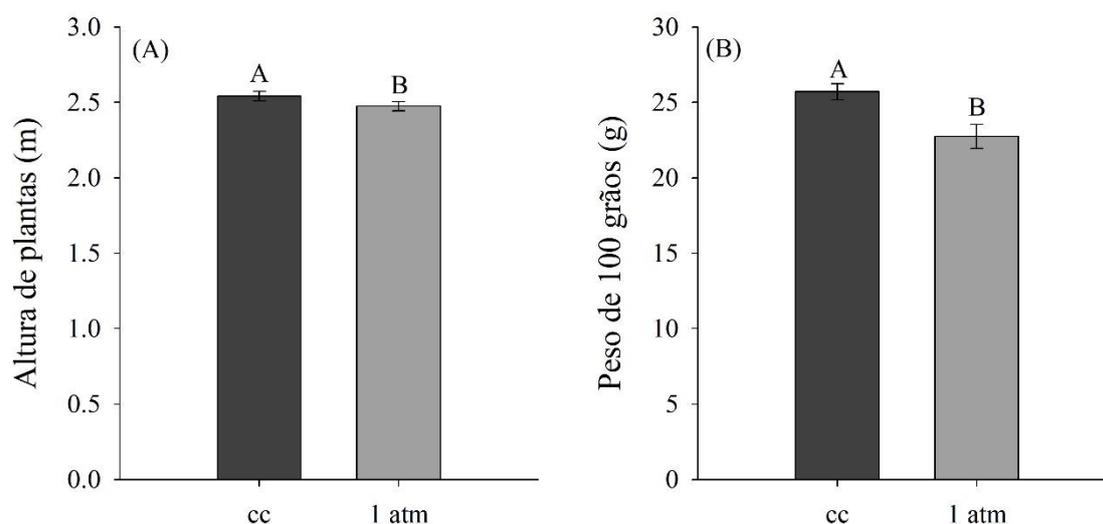


Figura 2. Comparação de média para o efeito do déficit hídrico na altura de plantas (A), e no peso de 100 grãos (B) do milho. As barras referem-se ao erro padrão da média. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Para os atributos de DE e NF, resultados obtidos nesse estudo estão de acordo com os apresentados na literatura, pois segundo BERGAMASCHI & MATZENAUER. (2014), o NF é fortemente determinado pelo genótipo, e segundo MAGALHÃES & DURÃES (2008), o NF é definido até estágio V8, período esse anterior ao déficit hídrico, justificando os resultados obtidos, que independente do manejo de irrigação adotado, não houve diferença nesse atributo.

Devido ao NF e ao NGF não terem apresentado diferença entre as médias, esses resultados influenciaram o DE, pois esses atributos estão diretamente associados. SOUZA et al. (2016), também não encontrou diferença para DE para os materiais estudados, quando submetido ao déficit hídrico no pendoamento em relação as parcelas irrigadas.

Em relação ao P100 (Figura 1B), o déficit hídrico afetou negativamente esse atributo, sendo que resultados semelhantes são encontrados na literatura. Segundo o estudo BERGAMASCHI et al. (2004) o déficit hídrico sofrido pelo milho no período crítico diminui o peso de grãos. Isso deve-se ao efeito do déficit hídrico, pois essa condição provoca fechamento dos estômatos para reduzir a transpiração, causando redução da taxa fotossintética

pela redução das trocas gasosas, acarretando na menor fixação de carbono (LIZAR et al., 2012). Logo, ocorre a menor translocação de fotoassimilados para o grão (SOUSA et al., 2018), e consequentemente menor peso.

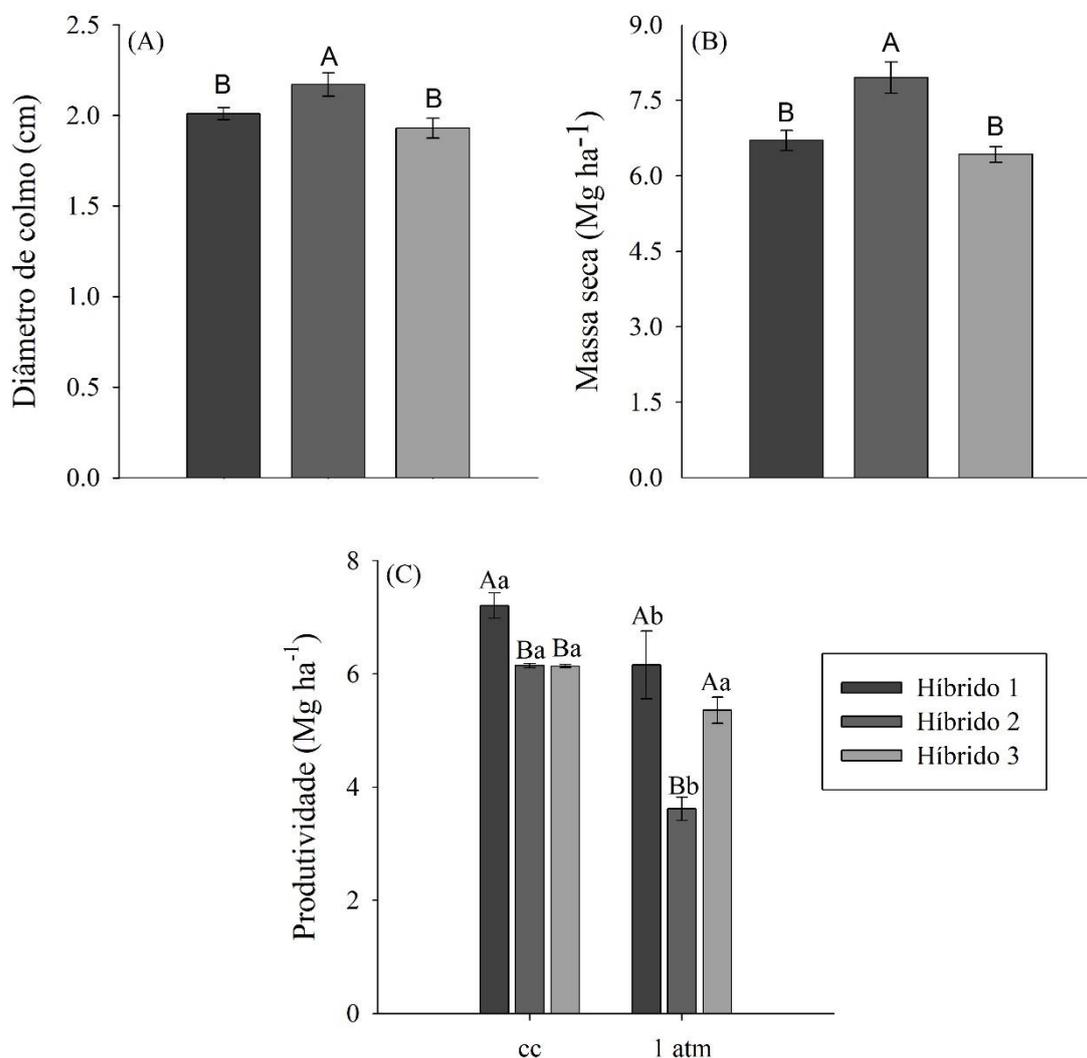


Figura 3. Comparação de média entre híbridos de milho para os atributos de diâmetro de colmo (A), massa seca (B), e produtividade (C). As barras referem-se ao erro padrão da média. Letras iguais não se diferem pelo teste de Tukey a 5%. Para a interação letras maiúsculas refere-se à comparação entre híbridos na mesma irrigação, letras minúsculas refere-se à comparação do mesmo híbrido entre as irrigações.

Para o atributo PD (Figura 2C) na condição sem déficit, o híbrido 1 obteve produtividade superior em relação aos híbridos 2 e 3. Para a condição de déficit hídrico, os híbridos 1 e 3 apresentaram melhores PD. Quando comparamos o mesmo híbrido entre as irrigações, verificou-se que os híbridos 1 e 2 tiveram redução na PD na condição de déficit hídrico, exceto o híbrido 3, que não diferiu estatisticamente entre os manejos. Esse comportamento pode ser explicado pelas respostas dos atributos do sistema radicular de cada híbrido, que foi modificado sobre o déficit hídrico.

O resumo da análise de variância para os atributos do sistema radicular encontra-se na Tabela 1. Na profundidade de 0,00-0,10 m, somente o CR apresentou interação entre os fatores, e para DR houve diferença entre híbridos. Já para a camada de 0,10-0,20 m, só houve diferença para híbridos em relação ao CR e AS. Já a camada de 0,20-0,30 m teve diferença no DR entre os manejos de irrigação, ocorrendo interação entre os fatores para CR, AS e MSR.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para sistema radicular dos híbridos de milho submetidos a diferentes manejos de irrigação.

Atributos	Bloco	Irrigação (I)	Híbrido (H)	H x I	CV 1%	CV 2%	CV 3%	Média
0,00-10 m								
CR	0.83 ^{ns}	7.46 ^{ns}	8.34 [*]	8.08 [*]	16.72	18.16	4.98	2.02
AS	0.21 ^{ns}	3.17 ^{ns}	5.04 ^{ns}	5.09 ^{ns}	20.35	18.9	10.74	0.31
DR	-0.85 ^{ns}	3.64 ^{ns}	8.36 [*]	3.03 ^{ns}	5.07	4.66	11.01	0.44
MSR	0.99 ^{ns}	1.39 ^{ns}	2.73 ^{ns}	1.37 ^{ns}	34.34	19.25	34.79	0.43
0,10-0,20 m								
CR	0.75 ^{ns}	18.24 ^{ns}	7.20 [*]	4.2 ^{ns}	10.41	29.31	12.49	0.82
AS	0.89 ^{ns}	5.89 ^{ns}	8.19 [*]	2.58 ^{ns}	11.67	26.58	16.78	0.13
DR	0.8 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.88 ^{ns}	6.14 ^{ns}	13.22	4.78	7.1	0.46
MSR	0.49 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.69 ^{ns}	1.06 ^{ns}	56.36	44.92	22.74	0.45
0,20-0,30 m								
CR	0.27 ^{ns}	10.1 ^{ns}	2.9 ^{ns}	23.75 [*]	25.06	44.7	9.16	0.53
AS	0.5 ^{ns}	3.64 ^{ns}	2.24 ^{ns}	12.48 [*]	32.96	51.1	13.13	0.08
DR	0.18 ^{ns}	71.05 [*]	1.44 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2.32	16.7	13.77	0.47
MSR	0.12 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.40 ^{ns}	12.47 [*]	59.73	29.09	33.03	33.03

Valores de F calculado para comprimento radicular (CR), área superficial (AS), diâmetro radicular (DR) e massa seca de raiz (MSR), para cada profundidade amostrada. CV1, CV2 e CV3 referem-se ao coeficiente de variação em porcentagem para I, H e HxI respectivamente. ** e * significativo a 1% e 5% respectivamente, ^{ns} não significativo

Na camada de 0,00-0,10 m, para o atributo DR (Figura 3A), o híbrido 1 não apresentou diferença em relação aos híbridos 2 e 3, porém o híbrido 2 teve maior DR em relação ao híbrido 3. Para a interação do CR (Figura 4 A), nota-se que o híbrido 2 apresentou crescimento quando submetido ao déficit hídrico, já os demais híbridos não houve diferença quanto ao manejo de irrigação. No manejo sem déficit hídrico, o híbrido 3 mostrou maior média para CR em relação aos híbridos 1 e 2, mas quando submetidos ao déficit hídrico, não houve diferença entre os materiais.

Para a camada de 0,10-0,20 m, os híbridos apresentaram o mesmo comportamento para os atributos de AS (Figura 3B) e CR (Figura 3C). Pois, o híbrido 3 teve média superior

comparado com o híbrido 2, mas o híbrido 1 teve valores intermediário, não diferindo dos híbridos 2 e 3.

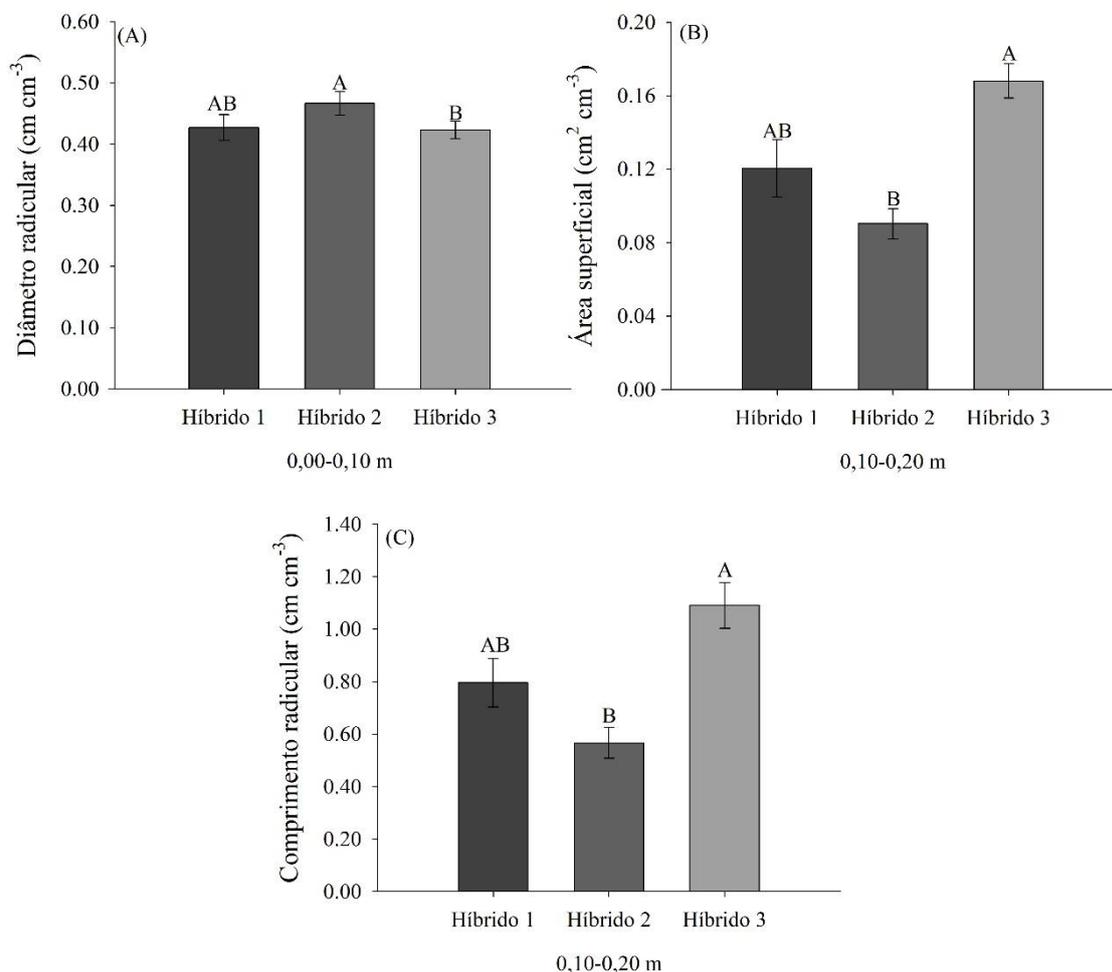


Figura 4. Comparação de média para três híbridos de milho em relação ao diâmetro radicular (DR), área superficial (AS) e comprimento radicular (CR) em diferentes profundidades. As barras referem-se ao erro-padrão das médias. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

A profundidade de 0,20-0,30 m, foi a que apresentou as maiores mudanças na morfologia do sistema radicular quando os híbridos foram submetidos ao déficit hídrico. Para essa profundidade, o DR dos híbridos submetidos ao déficit hídrico, apresentaram média (0,44 cm) inferior em relação aos híbridos mantidos sem déficit (0,48 cm). Com relação ao CR (Figura 4B), comparando isoladamente os híbridos em cada manejo de irrigação, nota-se que não houve diferença entre eles, mas comparando o mesmo híbrido entre os manejos, observa-se que os híbridos 1 e 3, tiveram aumento no seu CR quando submetidos ao déficit hídrico. Em relação à AS (Figura 4C), os híbridos não apresentaram diferenças entre eles em ambos os manejos de irrigação, mas o híbrido 1 submetido ao déficit hídrico teve um aumento na sua AS em relação ao manejo sem déficit. Para o atributo de MSR (Figura 4D), nota-se que quando os

híbridos foram submetidos ao déficit hídrico, somente o híbrido 1 teve aumento na sua MSR, superando os demais nessa condição. Porém na condição sem déficit, o híbrido 1 teve a pior média, sendo que o híbrido 3 teve a maior média e o híbrido 2 não diferiu dos híbridos 1 e 3.

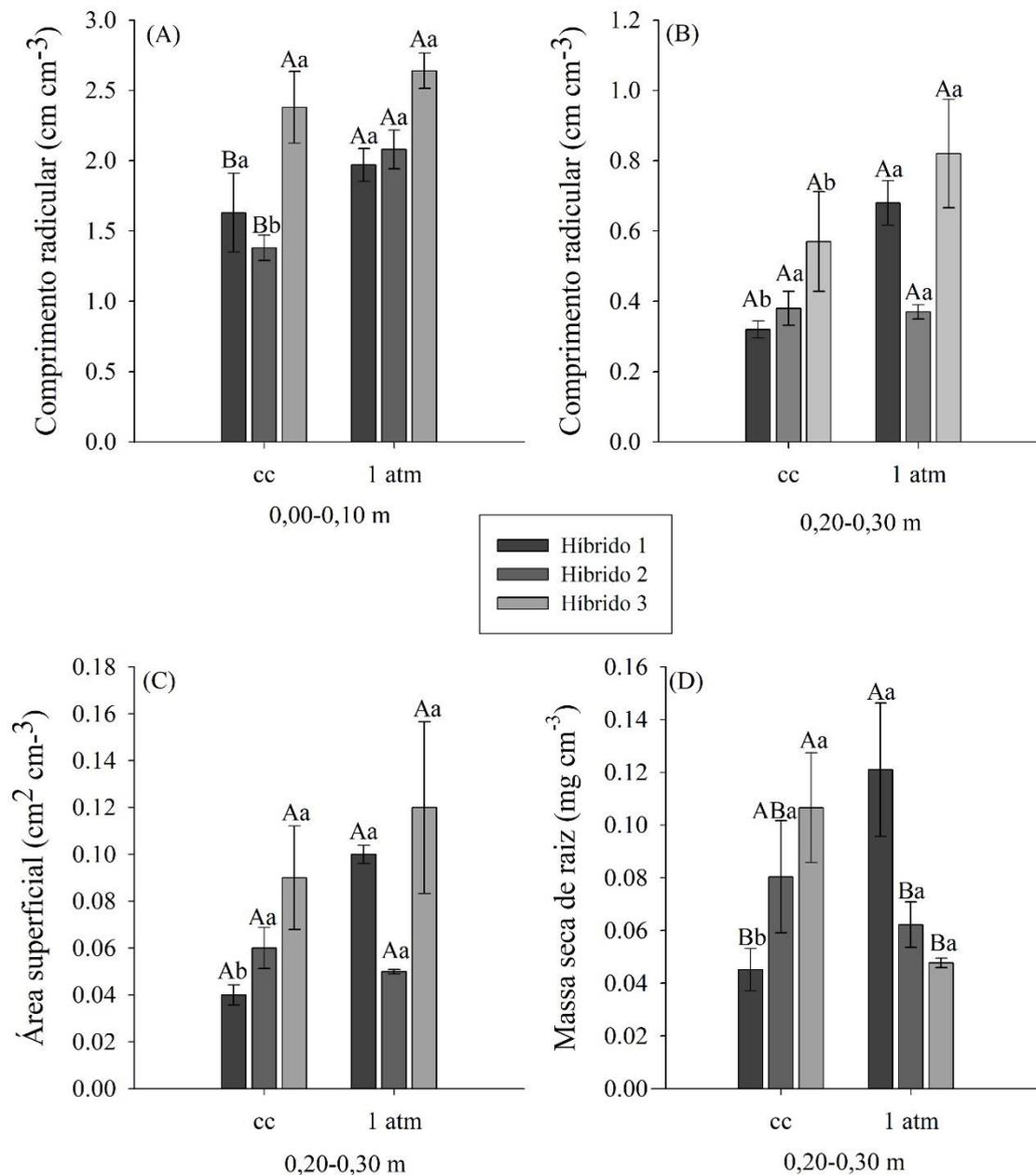


Figura 5 Comparação de três híbridos de milho submetidos a dois manejos de irrigação no período reprodutivo, primeiro manejo irrigação na capacidade de campo (cc) e o segundo déficit de 1 atm. As barras referem-se aos erros-padrão das médias. Letras maiúsculas comparação entre híbridos na mesma irrigação, letras minúsculas comparação dos mesmos híbridos nas diferentes irrigações, letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se que o sistema radicular de cada híbrido de milho respondeu de alguma forma ao déficit hídrico sofrido no período do pendoamento, e também nas diferentes profundidades do solo. Sendo assim, na primeira profundidade o híbrido 2 foi superior no atributo de DR, e teve aumento no CR. Na segunda profundidade, o híbrido 3 teve maior média para os atributos

de AS e CR, no qual o híbrido 1 foi intermediário. Para a terceira profundidade, somente os híbridos 1 e 3 responderam ao déficit hídrico, que devido a tal adversidade ambos apresentaram aumento no CR, porém, o híbrido 1 aumentou também sua média de AS e MSR.

Segundo SANTOS & CARLESSO, (1980) quando a planta é submetida ao déficit hídrico, há estímulos para a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do solo. O sistema radicular do milho desenvolve-se até o estágio R3, logo após esse estágio pouco crescimento ocorre (MAGALHÃES & DURÃES.,2008). Devido a isso, os híbridos de milho quando submetidos ao déficit hídrico, apresentaram crescimento em seus atributos para superar essa condição adversa. Pois, quando as regiões superiores do solo começaram a secar, a raiz apresentou crescimento em profundidade na tentativa de encontrar água (SANTOS & CARLESSO., 1998; LEACH et al., 2011). Para LEACH et al. (2011), estudando taxa de alongamento da raiz primária em linhas endogâmicas de milho sob diferentes déficits hídrico, observaram diferentes respostas entre as linhagens para cada tratamento, ou seja, o autor explica que a variação genética entre as linhagens determinou a variação no alongamento das raízes. Sendo assim, as diferentes mudanças nos atributos da morfologia do sistema radicular dos híbridos testados, deve-se a base genética de cada híbrido.

Esses resultados discordam do apresentado por COSTA et al. (2008), que não houve crescimento radicular de milho submetido ao déficit hídrico no florescimento. Para SOUZA et al. (2016), estudando diferentes épocas de déficit hídrico no milho, observaram em que o maior CR e AS foi obtido quando as plantas foram mantidas sob irrigação. Resultados observados por CAI et al. (2017), em plantas de milho submetidos ao déficit hídrico leve e severo, quando aplicado em diferentes momentos após a semeadura, apresentaram menores valores MSR e CR em relação a testemunha, mas foi observado aumento no diâmetro de raiz, indicando que sob déficit hídrico houve menor número de raízes laterais.

Assim, fazendo uma análise entre os atributos do sistema radicular e a PD dos híbridos, nota-se que, os híbridos 1 e 3 por apresentarem aumento no CR na camada 0,20-0,30 m quando submetidos ao déficit hídrico, refletindo também no aumento da MSR, explorando o solo em maior profundidade, resultando em maior aproveitamento de água em camadas mais profundas. Além disso, pelo fato do híbrido 1 ter aumentado sua AS, melhorou também seu contato raiz/solo, contribuindo para absorção de água. Pois, o volume de solo explorado pelas raízes e seu contato íntimo entre a superfície radicular e o solo, são necessários para a absorção efetiva da água pelas raízes, sendo esse contato maximizado quando a planta emite pelos radiculares, aumento a área superficial e a capacidade de absorção de água (SANTOS & CARLESSO., 1998).

Portando, a melhor exploração do solo em profundidade quando submetidos ao déficit hídrico, proporcionou aos híbridos 1 e 3 maiores produtividades. Pois, a capacidade das plantas de absorver água do solo depende da arquitetura das raízes, assim como o comprimento e a distribuição ao longo do solo (AHMED et al., 2018). Sob déficit hídrico o contínuo alongamento da raiz vai ajudar a garantir a sobrevivência das plântulas, facilitando o acesso a novas fontes de água (LEACH et al., 2011).

Os resultados desse trabalho estão de acordo com os encontrados por ALI et al. (2016), que observaram em seu estudo que, o maior CR e a MSR estão relacionada a tolerância do milho a seca. Os autores também comentaram que a MSR é uma característica mais confiável para seleção de materiais com tolerância ao déficit hídrico, que pode ser confirmado. Segundo SOUZA et al. (2016), o híbrido que apresentou maior tolerância a seca tinha maior CR e maior AS, ou seja, maior quantidade de raízes finas, pois esse comportamento é apresentado para aumentar a absorção de água e nutrientes pelo aumento do contato raiz / solo, caracterizando maior tolerância ao déficit hídrico.

A tolerância ao déficit hídrico é alcançada em plantas de milho devido as alterações morfológicas como: condutância estomática reduzida, diminuição da área foliar e desenvolvimento de sistemas radiculares profundos e aumento da relação raiz / parte aérea (LIZAR et al., 2012). Sendo assim, a escolha de híbridos de milho que possuam essas características em especial o aumento do sistema radicular em profundidade quando submetido a déficit hídrico, obtidos nesse estudo pelos híbridos 1 e 3, é uma das alternativas viáveis para obter boas produtividades em anos com ocorrência de déficit hídrico no período crítico do milho.

5 CONCLUSÕES

O déficit hídrico diminuiu o peso de cem grãos para todos os híbridos. O híbrido P30F53 VYH foi superior em relação ao diâmetro de colmo e massa seca de parte aérea.

Os híbridos NS45 VIP3 e SYN522 VIP tiveram aumento no comprimento radicular, sendo que o híbrido NS45 VIP3 também aumentou sua área superficial e massa seca de raiz quando submetido ao déficit hídrico.

Os NS45 VIP3 e SYN522 VIP foram mais produtivos quando submetidos ao déficit hídrico.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias do Milho. Oferta e Demanda do Milho do Brasil. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 21/05/2018.

AHMED, Mutez Ali et al. Root type matters: measurement of water uptake by seminal, crown, and lateral roots in maize. **Journal of experimental botany**, v. 69, n. 5, p. 1199-1206, 2018.

ALI, M. Liakat et al. 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, n. 1, p. 79-94, 2016.

ALKINCI, S. LÖSEL, D.M. Plant water-stress response mechanisms. In: Stress Water (ed) Mofizur Rahman IM. China, InTech Europe, p. 15–42. 2012.

ALMEIDA, A. C. S.; BONIFÁCIO, J.; PUSCH, M.; OLIVEIRA, F. C.; GESEINHOFF, L.O.; BISCARO, G. A. Produtividade e eficiência de uso da água em milho cultivado com diferentes estratégias de manejo hídrico. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada Fortaleza*, v.11, n° .3, p.1148 – 1457, 2017.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL, T.A.; ANDRADE, C. L. T.; SOUZA, V. F.; PAIXÃO, J. S. Resposta de cultivares de milho ao déficit hídrico. 1º ed. Sete Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Versão eletrônica. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063416/resposta-de-cultivares-de-milho-ao-deficit-hidrico>> Acesso em: 19/06/2018.

BERGAMASCHI, Homero et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p. il.

CAI, Qian et al. A plasticidade morfológica do crescimento das raízes sob um leve déficit hídrico aumenta a eficiência do uso da água sem reduzir o rendimento do milho. **Biogeosciences** , v. 14, n. 16, p. 3851, 2017.

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (Brasília, DF). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 20/05/2018.

DA COSTA, Jacirema R.; DE PINHO, João LN; PARRY, Maurício M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 443-451, 2008.

DAVALO, M. J. **Curva de retenção de água no solo estimado pelo método da câmara de Richards e psicrômetro**. 2013. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2013.

DE MELO, AURÉLIO VAZ et al. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE MILHO SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO NO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 177-189, 2018.

DE OLIVEIRA, Andréa Leda Ramos et al. Aplicação de Modelagem Matemática para Otimização da Logística de Exportação do Milho do Estado do Mato Grosso. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 505-522, 2015.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. **Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta)**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2001.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 20/05/2018.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2013. p. 353.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA **Safira**. São Carlos, SP, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br/downloads/safira/>>. Acesso em 13/07/2018.

FILHO, D. F. Manual da cultura do milho. 1. Ed. Jaboticabal, Funep, 2007.

GARDNER, W. H. Water content. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: Part 1 -Physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 493-541.

GENUCHTEN, M.T.A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.5, p.892-897, 1980.

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; CAMPBELL, C.; REINERT, D. J.; GELAIN, N. S. Assessing errors and accuracy in dew-point potentiometer and pressure plate extractor measurements. **Soil Science of America Journal**, v. 77, p. 19-24, 2012.

IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (Cuiabá, MT). Boletim seminal do milho. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/17122018203132.pdf>> Acesso em: 09/05/2019;

KASELE, I.N.; NYIRENDA, F.; SHANAHAN, F.J. et al. Ethephon alters corn growth, water use, and grain yield under drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p.283-288, 1994.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods, In: Klute, A. (Ed.), **Methods of Soil Analysis**. 2a ed. American Society of Agronomy, Madison, 1986. 635–662p.

LEACH, Kristen A. et al. Primary root elongation rate and abscisic acid levels of maize in response to water stress. **Crop Science**, v. 51, n. 1, p. 157-172, 2011.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: VAN LIER, Q.de J. (Org). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2010. p. 103-152.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 2. Ed. São Paulo, EDUSP, 2012.

LIZAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. Water stress in plants: Causes, effects and responses. – In: Rahman, I.M.M. (ed): Water Stress. Pp. 1-15. Intech. Publ. Rijeka 2012.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção. IN: CRUZ, J. C., KARAM, D., MONTEIRO, M. A. R., MAGALHÃES, P.C. A cultura do milho. Sete lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2008. P. 63-87.

MANGILI, F. B.; ELY, D. F. Influência das chuvas na produção de milho safrinha em Londrina-PR. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 153-164, 2014.

MATOS, F. M.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; MOURA, B.F.; CASTRO, L. A.; RODRIGUES, C. C. F.; PAIXÃO, J. S. Produtividade do milho cultivado sob diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, n, 19, 2012, Águas de Lindóia. Anais eletrônicos. Águas de Lindóia. 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/933372/1/Produtividademilho.pdf>> Acesso em: 19/06/2018.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; RIBOLDI, J. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 3, p. 85-91, 1995.

NASCIMENTO, P. dos S. **Análise do uso da curva de retenção de água no solo determinada por diferentes métodos e planilha para manejo da irrigação.** 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa. P. 47-60, 2008.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Propriedades Físicas do Solo. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2006. 18p.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SCHLICHTING, A. F.; KOETZ, M.; SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J.A. Desenvolvimento do milho submetido a doses de nitrogênio e tensões de água no solo. Irriga, Botucatu, v.19, n.4, p. 598-611, 2014.

SILVA, M. R.; MARTIN, T. N.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P. VONZ, D. Desempenho agrônômico de genótipos de milho sob condições de restrições hídrica. Revista de Ciências Agrárias, v. 35, n. 1, p. 202-212, 2012.

SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C. Tecnologia de Produção do Milho. Viçosa: UFV, 2012. p 13-54.

SOUZA, Thiago Corrêa de et al. Corn root morphoanatomy at different development stages and yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 330-339, 2016.

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M. Caracterização de recursos genéticos de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 185).

TEREZA W.; LAWLOR D. W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP, *Nature*, V.401, p. 914-917, 1999.

URACH, F. L. **Estimativa da retenção de água em solos para fins de irrigação**. 2007. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.