

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DENISE CÉSAR SOARES

CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO

RONDONÓPOLIS MT

2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

DENISE CÉSAR SOARES
Engenharia Agrícola e Ambiental

CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO

Orientador (a): Prof^{fa}. Dr^a. EDNA MARIA BONFIM-SILVA

Dissertação apresentada a Universidade
Federal de Mato Grosso para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Agrícola,
Linha de pesquisa: Sistemas Agrícolas

**RONDONÓPOLIS MT
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

C421c César Soares, Denise.
Cultivares de Trigo Submetidos a Déficit Hídrico / Denise César Soares.
-- 2019
106 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Edna Maria Bonfim-Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2019.
Inclui bibliografia.

1. BRS 254. 2. BRS 264. 3. BRS 394. 4. Triticum aestivum L... 5.
Disponibilidade hídrica. 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.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO-GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
Avenida dos Estudantes, 5055 - Cidade Universitária, - CEP: 78736-900 - Rondonópolis/MT
Tel.: (66) 3410-4121 - E-mail: spgeagri@hotmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DEFICIT HÍDRICO"

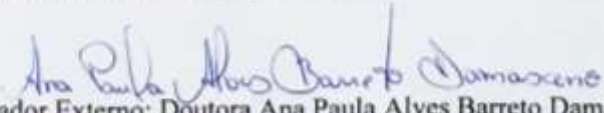
AUTORA: Mestranda Denise César Soares

Dissertação defendida e aprovada em 26 de fevereiro de 2019.


Presidente da Banca / Orientador(a): Doutora Edna Maria Bonfim da Silva.
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso


Examinador Interno: Doutor Tonny José Araújo da Silva
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso


Examinador Externo: Doutor Helon Hébano de Freitas Sousa
Instituição: Universidade Federal do Ceará


Examinador Externo: Doutora Ana Paula Alves Barreto Damasceno
Instituição: CNPq/DCR

Rondonópolis, 26 de fevereiro de 2019.

Oração de São Francisco

Senhor, fazei-me instrumento de vossa paz

Onde houver ódio, que eu leve o amor

Onde houver ofensa, que eu leve o perdão

Onde houver discórdia, que eu leve união

Onde houver dúvida, que eu leve a fé

Onde houver erro, que eu leve a verdade

Onde houver desespero, que eu leve a esperança

Onde houver tristeza, que eu leve alegria

Onde houver trevas, que eu leve a luz

Ó mestre, fazei que eu procure mais consolar que ser consolado

Compreender, que ser compreendido

Amar, que ser amado

Pois é dando que se recebe

É perdoando que se é perdoado

E é morrendo que se vive

Para a vida eterna

*Ao meu pai João Soares e minha
querida tia e madrinha Rosália (im
memoriam) que foram minhas
inspirações de garra e determinação,
me fizeram acreditar que sou capaz
de realizar tudo que eu sonhar.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me fortaleceu e me sustentou nesses anos de estudos, por ter me iluminado e me dado forças para ultrapassar as dificuldades, sem ele nada disso seria possível.

A meu esposo Joari, pelo amor, carinho, apoio e dedicação, e especialmente por sonhar comigo esse sonho.

A minha filha Lívia, pelo amor, pela dedicação, ajuda preciosa na condução do experimento, por estar sempre ao meu lado. Meu amor incondicional.

A minha mãe Ana Maria, e meus irmãos Flávio e Lauriano, pelo apoio, carinho, força e ânimo.

A minha cunhada Cláudia, pela força de sempre e aos meus sobrinhos Eric, Matheus e Miguel que em dias difíceis me fizeram sorrir, são minha alegria.

Com carinho agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Edna Maria Bonfim-Silva, pela orientação, carinho e apoio. Pelo exemplo de mulher na ciência, que me inspira e motiva a buscar cada vez mais conhecimento.

Ao Professor Dr. Tonny José da Silva Araújo, coordenador do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo exemplo de profissional e pesquisador, pela ajuda, suporte sem os quais não conseguiria realizar esse estudo.

Agradeço ao professor Dr. Thiago Franco Duarte, por toda ajuda dispensada durante a condução da pesquisa estando sempre disponível a esclarecer as dúvidas.

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso e ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola e todos os docentes, pelos ensinamentos transmitidos, contribuindo para minha formação.

Aos colegas da minha turma de mestrado, que conviveram comigo nesses dois anos de intensos estudos, Abraão, Camila Rueda, Crislaine, Juliane, Maiza, Mylena, Paula, Wlly, Priscilla, e a todos que contribuíram para esse trabalho direto ou indiretamente.

Agradeço aos amigos Thiago Henrique, Willian Fenner e Juan Vicente pelo apoio na condução do experimento.

Minha imensa gratidão a Luana Glaup Dourado amiga querida que a pós-graduação me proporcionou, obrigada pela amizade, ajuda, força, apoio e ânimo, os quais foram muito importantes para que eu conseguisse concretizar essa pesquisa.

A Minha querida amiga de longa data Laura Carolina Martins, agradeço pelo carinho e apoio de sempre.

Ao grupo de pesquisa GPAS, grupo de práticas de água e solo, que tive muito orgulho de fazer parte durante 4 anos, onde conheci muitas pessoas especiais as quais contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal. Meu carinho e minha gratidão a todos do grupo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

A todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para realização desse estudo meu muito obrigada!

CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDOS A DÉFICIT HÍDRICO

Resumo: O Brasil busca autossuficiência na produção do trigo (*Triticum aestivum* L.). O desenvolvimento de cultivares adaptadas a condições edafoclimáticas do cerrado, técnicas de manejo e de irrigação, possibilitaram a expansão de novas áreas de o cultivo de trigo no Brasil como da região de Cerrado Mato-Grossense, com significativo potencial de produção. Objetivou-se testar os efeitos das tensões de água no solo no crescimento, desenvolvimento e produção de cultivares de trigo cultivado em Latossolo Vermelho do Cerrado mato-grossense. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus* de Rondonópolis, em casa de vegetação, com delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 3x5, com três cultivares de trigo (BRS 254, BRS 294 e BRS 264) para sistema irrigado, e cinco disponibilidades hídricas (5, 15, 25, 35, 45 kPa) com quatro repetições. O manejo da irrigação foi realizado com base nas tensões da água no solo utilizando tensiômetros que foram instalados nos vasos a 10 cm de profundidade, as leituras das tensões foram realizadas utilizando tensímetro digital. A irrigação foi realizada para manter as tensões de cada tratamento, com a lâmina calculada de acordo com a curva característica de retenção de água solo, obtida previamente através de um ensaio. Foram analisadas variáveis do desenvolvimento vegetativo, produtivas, e consumo e eficiência no uso da água das cultivares de trigo. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância a 5% e 10% de probabilidade e, quando significativo, submetidos ao teste de média de Tukey e regressão polinomial utilizando o software SISVAR. A restrição hídrica influenciou negativamente a maioria dos parâmetros morfológicos, produtivos, eficiência e uso da água das cultivares de trigo, apresentando resposta linear decrescente conforme aumentavam-se as tensões de água no solo. A cultivar BRS 254 demonstrou maior sensibilidade ao déficit hídrico apresentando maior redução nas variáveis estudadas à medida que aumentavam as restrições hídricas. A cultivar BRS 264 demonstrou-se menos sensível ao déficit hídrico produzindo maior massa seca da parte aérea, índice de clorofila SPAD, número de espigas e de grãos, mesmo apresentando menor ciclo.

Palavras chave: BRS 394, BRS 264, BRS 254, *Triticum aestivum* L., Disponibilidade hídrica.

CULTIVARS OF WHEAT SUBMITTED TO WATER STRESS

ABSTRACT - Brazil is looking for self-sufficiency in the production of wheat (*Triticum aestivum* L.). However, with the development of cultivars adapted to the edaphoclimatic conditions of the cerrado, management and irrigation techniques, make possible the cultivation of wheat in the Cerrado region of Brazil Mato-Grossense, with significant production potential. In the face of this dynamics, the objective is to test the effects of soil water stress on the growth, development and production of cultivars of wheat cultivated in oxisol of the Cerrado of Mato Grosso. The experiment was conducted at the Federal University of Mato Grosso, Campus of Rondonópolis, in a greenhouse, with a randomized complete block design in a 3x5 factorial scheme, with three wheat cultivars (BRS 254, BRS 294 and BRS 264), and five availabilities (5, 15, 25, 35, 45 kPa) with four replicates, making a total of 60 experimental units. Irrigation management was carried out based on soil water stresses using tensiometers that were installed in the pots at 10cm depth, and the tensile readings were performed using a digital tensiometer. Irrigation was performed to maintain the stresses of each treatment, with the blade calculated according to the soil water retention characteristic curve obtained previously through an assay. Variables of the vegetative development, productive, and consumption and efficiency in water use of wheat cultivars were analyzed. The data were submitted to analysis of variance at 5% and 10% of probability and, if significant, submitted to the Tukey mean test and polynomial regression using the SISVAR software. The water restriction negatively influenced most of the morphological, productive parameters, efficiency and water use of the wheat cultivars, presenting a linear decreasing response as the soil water tensions increased. The cultivar BRS 254 showed greater sensitivity to the water deficit, showing a greater reduction in the studied variables as the water restrictions increased. The cultivar BRS 264 was shown to be less sensitive to water deficit, producing higher shoot dry mass, SPAD chlorophyll index, number of ears and grains, even with a lower cycle.

Keywords: BRS BRS 394, BRS 264, BRS 254, *Triticum aestivum* L., Water availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estádios fenológicos do trigo.....	23
Figura 2 Casa de vegetação da Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis- MT	29
Figura 3 Termohigrômetro instalado no interior da casa de vegetação a 1,5 m de altura.	29
Figura 4 – Croqui da distribuição dos tratamentos, tensões de água no solo e cultivares e trigo em casa de vegetação.	31
Figura 5 -Vista geral do experimento de cultivares de trigo submetidos ao déficit hídrico em casa de vegetação.	31
Figura 6 – Saturação dos vasos (A), drenagem da água dos vasos(B), Leitura da tensão (C), vasos utilizados para a confecção da curva característica de retenção de água no solo.	33
Figura 7 Curva de retenção de água no Latossolo Vermelho modelo de Van Genuchten gerada pelo programa Soil Water Retention Curve (versão 3.0). ...	35
Figura 8 - Perfuração do Solo (A) com auxílio de trado de rosca, e instalação do tensiômetro (B e C).	36
Figura 9 - Leitura das tensões aos 11 (A) e 72 (B), dias após emergência, respectivamente.	36
Figura 10 - Adubação com potássio e micronutrientes no plantio das unidades experimentais.	37
Figura 11 - Semeadura do trigo nas unidades experimentais (A), germinação das plântulas 3 dias após a semeadura (B).	38
Figura 12 - contagem manual do número de folhas (A), comprimento da folha bandeira, determinação da condutância estomática e temperatura foliar.	39
Figura 13 - Corte das espigas de trigo (A), Pesagem das espigas em balança semi analítica (B), Número de espiguetas e grãos por espigas(C).	41
Figura 14 - Corte das plantas rente o solo (A), Lavagem das raízes (B), determinação do volume de raízes (C).	42
Figura 15 - Número de folhas das cultivares de trigo (BRS 254 ,394 e 264) aos 30 DAE. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	43
Figura 16 - Número de folhas das plantas de trigo em função das tensões da água no solo. NF- Número de folhas. T- Tensão. ** Significativo a 1% de probabilidade.....	44
Figura 17 - Crescimento das plantas de trigo em cada tensão aplicada aos 30 DAE. BRS 254 (A), BRS 264(B), BRS 394(C).....	44
Figura 18 - Número de perfilhos das cultivares de trigo em função das tensões de água no solo aos 30 DAE. NP- Número de Perfilhos. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.....	47

Figura 19 - Cultivares de trigo (BRS 254, 264 e 394) sob tensões de água no solo aos 30 DAE. AP- Altura de plantas de trigo * e ns significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.	49
Figura 20 - Altura de plantas das variedades de trigo estudadas aos 45 DAE. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	50
Figura 21 -. Altura de plantas de trigo em função das tensões de água no solo. AP- Altura de plantas. T- Tensão de água no solo. ** significativo a 1% de probabilidade.....	51
Figura 22 - Diâmetro de caule das plantas de trigo em função das tensões de água no solo.DC- Diâmetro de caule.T- tensão de água no solo. * significativo a 5% de probabilidade.....	52
Figura 23 - Índice SPAD (teor de clorofila) das cultivares estudadas aos 30(DAE). Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	54
Figura 24 - Índice de clorofila de plantas de trigo sob tensões de água aos 30e 45 dias após a emergência. ***e ** significativo a 0,1% e 1% de probabilidade.	55
Figura 25 - Índice de clorofila- SPAD das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. * significativo a 5 % de probabilidade.....	57
Figura 26 - Comprimento da folha bandeira das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	58
Figura 27 - Comprimento da folha bandeira das cultivares de trigo. * significativo a 5% de probabilidade.	59
Figura 28 - Comprimento do pedúnculo das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.	60
Figura 29 - Comprimento do pedúnculo das plantas de trigo sob tensões de água no solo. *, ns 5% e não significativo.	61
Figura 30 - Número de espigas das cultivares de trigo estudadas aos 45 (DAE). Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5%.	62
Figura 31 - Cultivares de trigo em fase de espigamento em cinco tensões de água no solo. (A) BRS 394 (B) BRS 254 e (C) BRS 264.	63
Figura 32 - Número de espigas das plantas de trigo estudadas sob tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.....	64
Figura 33 - Número de espigas das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. NE – número de espigas. T- tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.	66
Figura 34 - Número de espiguetas das plantas de trigo submetidas a tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.....	67

Figura 35 - Número de grãos das cultivares de trigo estudadas. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.....	68
Figura 36 - Grãos de trigo das cultivares de trigo BRS 254 (A), BRS 264 (B), BRS 394 (C).....	69
Figura 37 - Número de grãos das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.....	70
Figura 38 - Número de grãos das cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo. NGE-Número de grão por espigas.T- tensões de água no solo. *** significativo 0,1% de probabilidade.	72
Figura 39 - Número de grãos das espiguetas das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5%.....	73
Figura 40 - Número de grãos das espiguetas das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.	74
Figura 41 - Massa seca de espigas das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.	75
Figura 42 - Massa seca das espigas das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.	76
Figura 43 - Massa seca da parte aérea das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.	78
Figura 44 - Massa seca total das plantas de trigo sob tensões de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.	79
Figura 45 - Volume de raízes do trigo sob cinco disponibilidades hídricas. VR- volume de raízes. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 01 % de probabilidade.....	80
Figura 46 - Raízes das três cultivares de trigo submetidas as tensões de água no solo. BRS 394 (A), BRS 254 (B), BRS 264(C).	81
Figura 47 - Massa seca de raízes das cultivares de trigo sob tensões de água no solo. *** ** * significativo a 0,1; 1 e 5 % de probabilidade.	83
Figura 48 - Raízes de plantas de trigo cultivares BRS 264 (A), BRS 254 (B), BRS 394 (C), submetidas a tensões de água no solo.....	84
Figura 49 - Dias entre a emergência e o espigamento das plantas de trigo submetidas a tensões de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.....	86
Figura 50 - Dias entre a emergência e o florescimento das plantas de trigo submetidas a disponibilidades hídricas. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.....	87
Figura 51 - Cultivares de trigo (BRS 394, 254 e 264) submetidos ao déficit hídrico em casa de vegetação em aos 6 (A), 25 (B), 45 (C), 71 (D) e 86 dias após a emergência das plantas de trigo (D).....	89

Figura 52 - Dias entre emergência e a maturação das cultivares de trigo sob tensões de água no solo. DEM- Dias entre a emergência e a maturação. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.	91
Figura 53 - Consumo de água das cultivares de trigo. EUA- Eficiência no uso da água. T- Tensão de água no solo. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.	92
Figura 54 - Consumo de água em função das disponibilidades hídricas. CA- Consumo de água. T – Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.	93
Figura 55 - Eficiência no uso da água sob tensões de água no solo. EUA- Eficiência no uso da água. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização química e granulométrica de amostra do Latossolo Vermelho coletado na camada de 0-0,20 m de profundidade.....	30
Tabela 2. Tensão de água no solo e seus respectivos volume de água do Latossolo vermelho para cada vaso, obtidos através da equação gerada pelo modelo de Van Genutchen.....	35
Tabela 3 Produtos químicos utilizados para controle de pragas e doenças. ..	38
Tabela 4. Número de perfilhos das cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo, aos 30 dias após emergência.	46
Tabela 5. Altura de plantas das variedades de trigo nas cinco tensões de água no solo, aos 30 dias após a emergência (DAE)	48
Tabela 6. SPAD da folha bandeira nas cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo, aos 45(DAE).	56
Tabela 7 Número de espigas das cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo.....	65
Tabela 8. Número de grãos por espigas em função das cultivares estudadas e das tensões de água no solo.....	71
Tabela 9 Massa seca da parte aérea das cultivares de trigo sob tensões de água no solo.....	77
Tabela 10. Massa seca de raízes das cultivares de trigo em função das tensões de água no solo.	82
Tabela 11. Dias que compreendem entre a emergência e a maturação das cultivares de trigo submetidas a cinco tensões de água no solo.....	88

Sumário

1.INTRODUÇÃO	18
4. REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1 Aspectos históricos da cultura do trigo.....	20
4.2 Aspectos gerais da cultura do trigo	21
4.3 Cultivares de trigo adaptadas para o Cerrado	24
4.4 Água no solo e Disponibilidade hídrica na cultura do trigo.....	25
5. MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1 Localização do experimento	28
5.2 Coleta, caracterização e correção do solo	29
5.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	30
5.6 Determinação da curva parcial de retenção de água no solo	32
5.4. Manejo de Irrigação	36
5.5 Manejo de adubação e semeadura.....	37
5.7 Monitoramento e controle fitossanitário	38
5.9 Análise estatística	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1 Número de Folhas.....	42
6.2 Número de perfilhos.....	45
6.3 Altura de plantas	48
6.4 Diâmetro de Caule	52
6.5 Índice SPAD das folhas +1+2	53
6.6 Índice SPAD da folha bandeira	55
6.7 Comprimento da folha bandeira.....	58
6.8 Comprimento do pedúnculo	59
6.9 Número de espigas	61
7.0 Número de espiguetas	66
7.1 Número de grãos	67
7.2 Número de Grãos por Espigas.....	71
7.2 Grãos por espiguetas.....	72
7.3 Massa seca de espigas.....	74
7.4 Massa seca da parte aérea.....	76

7.4 Massa seca total	78
7.5 Volume de raízes	79
7.6 Massa seca de raízes	82
7.7 Dias entre emergência e espigamento.....	85
7.8 Dias entre emergência e florescimento.....	87
7.9 Dias entre emergência e maturação	88
7.10 Consumo de água.....	92
7.11 Eficiência no uso da água	93
CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS.....	97

1.INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais cereais produzidos no mundo, e um dos mais consumidos na dieta humana. É fonte significativa de energia para nutrição. O Brasil está entre os maiores consumidores desse cereal, com aproximadamente 60 kg habitante⁻¹ ano⁻¹. A farinha de trigo é matéria-prima de pães, biscoitos, bolos, macarrão, entre outros produtos, que são itens presentes na cesta básica dos brasileiros (Possato et al., 2016). Cultivado no Brasil desde do século XVI, a triticultura Brasileira ainda não alcançou sua autossuficiência produtiva (Boschini, 2010).

Em estimativas da produção do trigo no Brasil, consta uma produção de 5.239 mil toneladas (safra setembro/2018) e um consumo de 11.005,9 mil toneladas, ou seja, a produção de trigo abastece apenas metade do mercado consumidor brasileiro, gerando, portanto, um déficit de mais de 6.300 mil toneladas, que é suprida através das importações do cereal (Conab, 2018 a).

O cultivo de trigo no Cerrado com uso das cultivares adaptadas e de alta força de glúten, proporcionaram ao cerrado Matogrossense produzir um trigo de alta qualidade, fazendo com que a farinha desse trigo melhorador possa ser mesclada a outras farinhas de menor qualidade, melhorando a qualidade do trigo produzido no Brasil (Gutkoski, et al., 2007), desta forma o Cerrado Matogrossense torna-se uma excelente opção na busca da autossuficiência no cultivo do trigo no Brasil.

O Cerrado oferece ótimas condições de clima, solo e topografia propícios para a agricultura, além de ótima localização geográfica que favorece o escoamento da safra (Albrecht et al., 2006).

Atualmente, o Brasil produz 238,4 milhões de toneladas de grãos, desses 105,686,1 mil toneladas são produzidas pelo Centro Oeste brasileiro (Conab, 2018 b) com cultivos consecutivos de soja milho e algodão, em repetidos ciclos, propiciando o surgimento de patógenos e pragas, além de provocar o esgotamento do solo levando a degradação (Cunha et al., 2005).

O cultivo de trigo no Cerrado além de alternativa para a busca da autossuficiência na produção brasileira de trigo, ainda possibilita a rotação de

cultura trazendo benefícios na qualidade física, química e biológica do solo (Franchini et al., 2011).

As cultivares desenvolvidas para o cultivo irrigado no Cerrado, mesmo tendo características de resistência e tolerância a estresses ambientais, respondem positivamente ao manejo adequado de irrigação ao longo do ciclo da cultura, obtendo produtividade até três vezes maior que as cultivares de sequeiro (Azevedo et al., 2002; Ribeiro Junior et al., 2006).

O manejo adequado de irrigação auxilia na tomada de decisão, visando informar o momento correto da irrigação e a lâmina que supra as necessidades da cultura, proporcionando um melhor aproveitamento de água e diminuindo os custos produtivos (Resende et al., 2002).

A irrigação possibilita o cultivo do trigo no período da terceira safra, inverno no cerrado, período em que, o cultivo do trigo torna-se economicamente atrativo para o produtor, pois é colhido entre a safra Brasileira e Argentina garantido melhor preço (Gama, 2013).

Para novos avanços na produção tritícola no Cerrado do Brasil Central, há uma necessidade de trabalhos que promovam cada vez mais conhecimentos sobre o comportamento das cultivares sobre regimes hídricos, assegurando ao produtor o manejo de irrigação conforme as peculiaridades de cada cultivar proporcionando a expressão máxima de produtividade da cultura.

Neste contexto objetivou-se avaliar as características fitométricas e produtivas de três cultivares de trigo, adaptadas para condições de cerrado, em função da disponibilidade hídrica.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Aspectos históricos da cultura do trigo

A história do trigo no mundo confunde-se com a história da humanidade, e com suas lendas. A existência do trigo nos primórdios da civilização humana, há 10 mil anos, é confirmada pelos datados arqueológicos, que constam a presença do trigo na mais remota civilização humana conhecida, em Jarmo, região noroeste do Iraque na antiga Mesopotâmia (Castro e Kluge, 1999).

Lendas religiosas, conferem a origem do trigo aos Deuses. Para os egípcios a origem do trigo é atribuída a deusa Isis, os fenícios ao Deus da Agricultura Dagon, para os Hindus a origem do trigo deve-se a Bhama, os árabes a São Miguel e os cristãos a Deus (Café et al., 2003).

Com passar dos anos houve o cruzamento das espécies de trigo, surgindo plantas com grãos maiores, um ancestral do trigo moderno, que produzia mais, e conseqüentemente poderia alimentar mais pessoas (Abitrigo, 2016). Dessa forma, o homem começou a manejar o solo para o cultivo do trigo, dando início a agricultura.

Na pré-história, os grãos de trigo eram triturados e misturados a peixes, frutas e água, posteriormente eram assados e consumido pelos egípcios, atribuindo a eles o descobrimento do processo de fermentação (Flandrin e Montanari, 1998). Os pães e biscoitos preparados pelos egípcios, eram moldados em formato humano e de animais e servidos como oferenda em rituais aos Deuses (Abitrigo, 2016).

A partir das regiões do Egito o trigo se espalhou para todo o mundo, inclusive para as américas. No século XVI, o trigo chega ao Brasil e Argentina, pelos colonizadores Europeus. Martim Afonso de Sousa, em 1534, trouxe as primeiras sementes do cereal que foram semeadas nas terras da Capitania de São Vicente litoral de São Paulo, de onde se espalharam para todo o país (Boschini, 2010).

Apesar do trigo ter chegado no mesmo período no Brasil e na Argentina, o cultivo do trigo em terras brasileiras não foi bem-sucedido como nas terras

Argentinas, pois as pragas enfrentadas em território brasileiro como por exemplo a epidemia de ferrugem, quase extinguiu o cultivo do trigo no Brasil. Já a Argentina obteve sucesso e uma expressiva produção, feito este que impulsionou o país a ser considerado um dos maiores produtores e exportadores de trigo no século XIX (Brum et al., 2004).

Em meados de 1940 o trigo migrou para a região Sul do país, onde encontrou condições edafoclimáticas propícias para seu desenvolvimento (Bacaltchuk e Silva, 2001). Com a chegada de colonos açorianos no século XVIII, o cultivo de trigo no Sul do Brasil foi impulsionado. Contudo, com o advento de guerras, epidemias de ferrugem e abertura dos portos para a importação do trigo das nações amigas, deu-se o declínio da triticultura brasileira que provocou o desaparecimento quase total do trigo no Brasil (Brum et al., 2004).

A retomada do cultivo do trigo no Brasil aconteceu em 1875, quando imigrantes italianos se estabeleceram em terras devolutas do planalto do Rio Grande do Sul e recomeçaram o cultivo do trigo no Brasil, sendo o momento mais próspero da triticultura brasileira, todavia, a produção abastecia apenas o consumo local, pois a falta de conhecimento técnico sobre a adaptação de cultivares importadas, o cultivo em topografia acidentada, e a escassez de moinhos, foram algumas das barreiras que fizeram com que o cultivo de trigo no Brasil não conseguisse êxito (Jacobsen, 2003).

Diante dos fracassos enfrentados no cultivo do trigo do Brasil, o governo brasileiro lançou políticas públicas de incentivo as pesquisas, criando em 1919 as primeiras áreas experimentais com o cereal. Ao final do século XX, com a modernização agrícola fomentada pelos financiamentos do governo, o cultivo do trigo em terras brasileiras voltou a patamares importantes, apesar de não suprir toda demanda de consumo brasileiro (Brum et al., 2004).

4.2 Aspectos gerais da cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea monocotiledônea, da família Poaceae, subfamília Pooideae, tribo triticeae Dumort, gênero triticum, da

espécie *Triticum aestivum* (Scheeren, 2015). Dentro do gênero *triticum* existem mais de 14 espécies, sendo, que, cinco são comercializadas dentre essas a *T. aestivum* e a espécie *T. durum*. (Bacaltchuk, et al., 2001).

O *Triticum aestivum* L. é uma espécie hexaplóide, possui 48 cromossomos, originada da hibridização natural de duas espécies, o *Triticum turgidum* e o *Aegilops squarrosa* uma gramínea selvagem (Scheeren et al., 2015).

A estrutura da planta do trigo é composta por: raízes, colmo, folhas e inflorescência. As raízes são compostas por raízes embrionárias ou seminais, que têm origem na semente e pelas raízes permanentes, caulinares ou adventícias que surgem na região abaixo da superfície do solo, conhecida como coroa e substituem as raízes embrionárias, a qual é responsável por nutrir a planta para seu estabelecimento após sessar as reservas do endosperma, desenvolvendo muitas ramificações (Fontaneli et al., 2009; Scheeren et al., 2015).

O colmo nas plantas de trigo é geralmente cilíndrico e possui de quatro a sete entrenós. A altura da planta depende da característica genética da espécie (Scheeren, 1986).

As folhas possuem formas lineares, e a primeira folha a se desenvolver é chamada de plúmula, que se desenvolve simultaneamente ao coleótilo. As folhas são formadas pela bainha lâmina, lígula e um par de aurícula e a quantidade de folhas por plantas é determinado pela quantidade de nós e de entrenós de cada planta (Fontaneli et al., 2009).

A espiga é a inflorescência do trigo, que é composta por espiguetas que se posicionam de forma alternada no ráquis (Butrinowski, 2015).

O desenvolvimento fenológico do trigo possui 4 escalas, afilamento, alongamento, espigamento e maturação e dentro dessas escalas existem as subescalas (Figura 1), que descrevem todo o desenvolvimento do trigo da germinação a maturação (Large, 1954). O período de duração de cada fase depende da interação entre fatores como as características genéticas, a fertilidade do solo e fatores ambientais (Rodrigues et al., 2011).

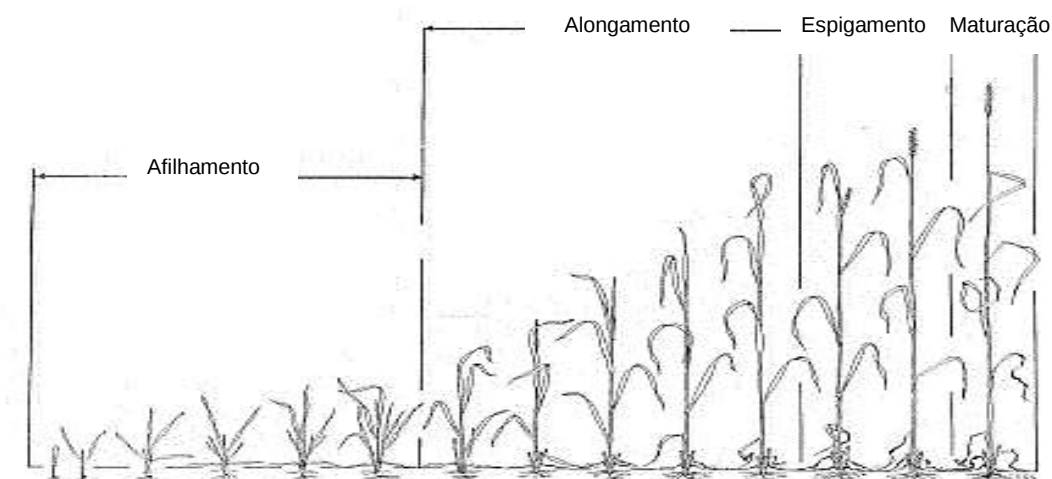


Figura 1 Estádios fenológicos do trigo.

Fonte: Large (1954).

Conforme a escala Feekes, modificada por Large (1954), o primeiro estágio compreende o desenvolvimento que acontece entre o afilhamento e o alongamento, onde tem-se após o plantio a emergência da plântula, o desenvolvimento das primeiras folhas geralmente torcidas em forma de espiral, e após, dá-se o início do afilhamento ou perfilhamento. No alongamento, surge o primeiro e o segundo nó, e o aparecimento da folha bandeira ainda enrolada, segue até o seu pleno desenvolvimento quando a lígula já é visível (Scheeren et al., 2015). Na fase do espigamento, acontece o inchaço da bainha da folha bandeira e surge a primeira espiga, segue até que todas as espigas estejam visíveis e então inicia-se a fase de maturação, onde acontece o florescimento da espiga apical até a basal, tendo assim, o florescimento de todas as espigas da planta (Ribeiro et al., 2009)

Ao final do florescimento o grão se encontra aquoso, depois leitoso e então desenvolve a massa dos grãos, segue-se a maturação até endurecerem os grãos e as palhas visivelmente secas, chegando ao ponto da colheita (Brezolin et al., 2017).

4.3 Cultivares de trigo adaptadas para o Cerrado

O Cerrado brasileiro vem assumindo um papel de grande importância, para o fortalecimento da cadeia produtiva do trigo no Brasil, que só é possível, através do desenvolvimento de cultivares adaptadas as condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro, viabilizada pelo melhoramento genético, através o cruzamento de entre cultivares (Pietro-Souza et al., 2013).

As cultivares desenvolvidas para a Região do Cerrado Mato-grossense apresentam importantes características como: responsividade as adubações, ótimo aproveitamento da energia solar e outros fatores do ambiente, alto potencial produtivo e excelente qualidade de grãos (Silva, 2011). Essas cultivares demonstram um grande potencial produtivo chegando a produzirem até 7 t por hectare (Albrecht et al., 2006).

O cultivo do trigo na região do Cerrado, dispõe de duas opções: em sequeiro, cultivado no período da safrinha após as culturas principais e em sistema irrigado com o plantio como terceira safra, apresentando-se como alternativa para rotação de cultura (Cunha, 2005).

Dentre as cultivares de trigo desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético da Embrapa, adaptadas para o Cerrado, destaca-se as cultivares BRS 264, 254 e 394, desenvolvidas para o cultivo irrigado de grande potencial produtivo para a Região.

A cultivar BRS 254, lançada em 2004, é classificada como trigo melhorador, possui alta força de glúten (330×10^{-4} Joules) e estabilidade, características desejáveis pela indústria alimentícia, para a fabricação de biscoitos tipo crackers, pão industrial e para mescla de farinhas (Silva et al., 2008). Apresenta alto potencial produtivo com produtividade média de 6.000 kg. ha⁻¹, quando cultivadas sob boa fertilidade o teor de proteína nos grãos de 11,4% em média.

O ciclo de desenvolvimento da cultivar BRS 254 é considerado médio, com duração de 120 dias (emergência à maturação), e ainda possui resistência a germinação natural e a debulha e boa sanidade no campo (Albrecht et al, 2008).

A cultivar BRS 264 é considerada a cultivar de mais alto rendimento, apresentando produtividades de 7.000 kg ha^{-1} , quando cultivada sob boas condições de irrigação e nutrição. Além de alto potencial produtivo, o destaque dessa cultivar é sua precocidade com ciclo de médio de 110 dias (emergência a maturação), permite que a colheita possa acontecer de 7 a 12 dias antes das demais cultivares. Classificada comercialmente como Trigo Pão, possui força de glúten de 241×10^{-4} Joules, é indicada para fabricação de pães, massas alimentícias e outros usos domésticos (Albrecht et al., 2006).

Outro destaque da cultivar BRS 264 é a resistência ao acamamento e a ferrugem do colmo (Albrecht et al, 2006).

A cultivar BRS 394, foi lançada em 2015, é classificada como trigo melhorador, de excelente qualidade apresenta uma força de glúten em média de 350×10^{-4} Joules, sendo adequado para utilização na indústria alimentícia. Possui alto potencial produtivo podendo chegar a produtividade de até 8000 kg ha^{-1} em condições ótimas de umidade de fertilidade. O teor de proteína nos grãos é de 15%. Possui resistência ao acamamento, germinação e debulha na espiga na maturação, susceptibilidade a brusone e moderada resistência a mancha marrom (Albrecht et al., 2016).

4.4 Água no solo e Disponibilidade hídrica na cultura do trigo

O estresse hídrico é considerado um dos principais fatores abióticos responsáveis pela redução do desenvolvimento das plantas, que causa perdas significativas na produtividade das culturas (Raza et al., 2013).

A falta de água nas plantas, desencadeia uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares, que são mecanismos de defesa, acionados para evitar o dessecamento, buscando adaptar-se as restrições do ambiente em que estão inseridas (Wang, 2017).

As plantas respondem de forma diferente ao estresse hídrico, seja pela intensidade, seja pela fase em que o estresse aconteceu. Apesar do trigo apresentar uma certa tolerância a restrição hídrica em um curto período, quando o déficit hídrico acontece em todo ciclo da cultura, há reduções severas na

produtividade do trigo (Boschini, 2010), pois há a redução do potencial osmótico em consequência do aumento da concentração de solutos (Carvalho et al., 2016), prejudicando a fotossíntese, a condutância estomática, e o metabolismo do nitrogênio na planta.

A maioria das culturas possuem períodos dentro do seu ciclo de maior sensibilidade ao estresse hídrico, onde a restrição hídrica acarretará uma maior perda na produtividade. Para a cultura do trigo existem três períodos críticos onde o estresse hídrico em alguma dessas fases acarreta uma queda significativa na produção (Furlan, 2013).

O estresse hídrico afeta as plantas de trigo de forma diferente em cada fase de desenvolvimento. Na fase inicial o estresse hídrico provoca a diminuição na quantidade de plantas. No perfilhamento há redução do número de perfilhos das plantas por metro. A fase de florescimento é uma das fases mais sensíveis ao déficit hídrico, onde a escassez de água prejudica a formação estruturas produtivas e a abertura das flores acarretando abortamento das flores. Na formação dos grãos os processos relacionados ao transporte de assimilados é prejudicam, a formação o enchimento de grãos resultando em grãos menores e em menor quantidade e perda de qualidade dos grãos (Sarto et al., 2017).

Para garantir altas produtividades no cultivo do trigo, há necessidade de altos índices pluviométricos bem distribuídos em todo ciclo de desenvolvimento da cultura, desta forma, mesmo utilizando cultivares com certa tolerância ao déficit hídrico, a água disponível no solo é fator fundamental para um bom desenvolvimento e produtividade (Santos et al., 2012).

O benefício da irrigação para a cultura do trigo é evidente com aumento considerável na produtividade, além de possibilitarem o produtor da utilização de fertirrigação para a adubação há um aumento de até 60%, na produtividade do trigo, quando foi irrigado com lâmina de 150 a 200 mm de água.

O solo é o reservatório de água do qual, as culturas dependem para atender as suas necessidades hídricas (Wutke et al., 2000). O suprimento de água disponível do solo é um fator importante limitante da produção de trigo na maioria das regiões mundo (Ozturk e Aydin, 2004).

A água no solo que está disponível para as plantas utilizarem se encontra entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), em que, na CC a água apresenta-se em maior volume, e retida com menos força,

exigindo menos das culturas para sua absorção, já no PMP a água com volume encontra-se muito reduzido, com que esteja retida no solo, tornando-se mais difícil a absorção pelas culturas (Zhang et al., 2015).

A água disponível para as plantas (entre a CC e o PMP), se mantém retida no solo pelo forças de adesão e capilaridade, que se dá pela afinidade da água pela a matriz do solo denominada potencial matricial. A medida que o volume de água no solo diminui, a água fica retida com mais força, exigindo mais das plantas para que haja absorção. Esse volume de água, varia em cada solo, conforme sua estrutura e textura (Buttaro et al., 2015).

A curva de retenção de água no solo, representa a relação entre o potencial hídrico e os correspondentes valores do conteúdo de água contido nesse solo (Reinert et al., 2006; Wang et al., 2018), tornando-se uma ferramenta fundamental para gerir com sucesso a irrigação das culturas com uso sustentável dos recursos hídricos (Zhang et al., 2015).

O conteúdo de água no solo pode ser quantificado por métodos diretos e indiretos: No método direto, gravimétrico, as amostras de solo são pesadas antes e depois de secas em estufa. Nos métodos indiretos a umidade do solo é estimada através de outras variáveis mensuráveis, utilizando-se vários aparelhos como: uso de sonda de nêutrons, reflectometria no domínio do tempo, tensiômetros, sensoriamento remoto para estimativa de umidade do solo, entre outros (Libardi et al., 2005; Dobriyal et al., 2012).

O tensiômetro destaca-se entre os métodos de determinação indireta de água nos solos, pois quantifica a água no solo com base na força exercida pela sucção, citado por Guerra et al. (1995) como sendo, um método viável, de fácil manuseio e baixo custo, além de permitir leituras entre 0 a 80 kPa (Azevedo e Silva, 1999).

O cultivo irrigado demanda conhecimentos técnicos para definir quando e quanto de água deve-se irrigar para que tenha um uso de forma econômica e racional da água utilizada (Wutke et al., 2000). O uso correto do tensiômetro permite uma tomada de decisão que garante uma irrigação mais eficiente, baseada no conteúdo de água do solo, permitindo o melhor uso dos recursos hídricos (Buttaro et al., 2015).

As tecnologias desenvolvidas pela engenharia de irrigação têm favorecido a condução e aplicação da água de forma cada vez mais eficiente, utilizando

tecnologias avançadas que disponibilizam equipamentos cada vez mais eficientes para o manejo da água, contudo, o emprego dessas tecnologias de forma adequada é fundamental para garantia da produtividade das culturas (Braga et al., 2010).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no período de maio a agosto de 2018, na Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Rondonópolis, em casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, localizada sob as coordenadas geográficas 16°27'50.9"S latitude, 54°34'50.0"W longitude e altitude de 284 m.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com duas estações do ano bem definidas, distinguindo-se dois períodos, um seco e outro chuvoso, com precipitações médias anuais de 1200 a 1600 mm, com variações de temperatura entre 36°C de 18,6°C (média anual). As maiores médias de temperatura compreendem os meses de setembro e outubro e as menores junho e julho (Sette et al., 2001).

A casa de vegetação possui estrutura metálica de aço galvanizado, tipo arco, onde estão fixadas duas camadas de filme plástico de espessura 0,15 mm. O sistema de resfriamento é composto por um painel evaporativo de argila expansiva e dois exaustores posicionados paralelamente entre si e opostos ao painel evaporativo (Figura 2).



Figura 2 Casa de vegetação da Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis- MT

A temperatura e umidade dentro da casa vegetação foram monitoradas diariamente, utilizando um termohigrômetro (Figura 3), apresentando a temperatura média de 27,25°C e a umidade relativa média de 57,58%, durante toda condução do experimento.



Figura 3 Termohigrômetro instalado no interior da casa de vegetação a 1,5 m de altura.

5.2 Coleta, caracterização e correção do solo

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (Santos et al., 2018). O solo foi coletado em área sob vegetação de cerrado na camada de 0-0,20 m de profundidade e peneirado em malha de 4 mm para

preenchimento dos vasos e de 2 mm para caracterização química e granulométrica (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1).

Tabela 1- Caracterização química e granulométrica de amostra do Latossolo Vermelho coletado na camada de 0-0,20 m de profundidade.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	CTC	V	MO	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³				-----		%	g dm ⁻³	g Kg ⁻¹		
4,1	2,4	28	0,3	0,2	1,1	4,2	0,6	5,9	9,8	22,7	549	84	367

Em que: pH= poder hydrogeniônico; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio; Al= Alumínio; H= Hidrogênio; CTC= Capacidade de troca de cátions; V= Saturação por bases;

Com base na análise química do solo realizou-se a calagem o solo com calcário dolomítico (PRNT = 80,3), para elevação da saturação por bases para 60% pelo método de saturação por bases. O solo foi acondicionado em sacos plásticos e incubado com calcário por um período de 30 dias (Souza e Lobato, 2004), a umidade do solo foi mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água do solo, para que ocorresse as reações químicas (Bonfim- Silva et al, 2011).).

5.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 5, com três cultivares de trigo (BRS 254, BRS 394 e BRS 264), com cinco disponibilidades hídricas (5,15, 25, 35 e 45 kPa), com quatro repetições, perfazendo um total de 60 unidades experimentais (Figura 4). As unidades experimentais foram compostas por vasos de polietileno com capacidade de 5 dm³ (Figura 5).



Figura 4 – Croqui da distribuição dos tratamentos, tensões de água no solo e cultivares e trigo em casa de vegetação.



Figura 5 -Vista geral do experimento de cultivares de trigo submetidos ao déficit hídrico em casa de vegetação.

5.6 Determinação da curva parcial de retenção de água no solo

A curva parcial de retenção de água no solo foi construída de acordo com a metodologia adaptada proposta por Almeida (2010). Utilizou-se 4 vasos de polietileno com capacidade de 4,5 litros, que foram preenchidos com 5 kg de solo.

Foram retiradas amostras de solo e determinada a umidade pelo método padrão de estufa. Resumidamente consistia em levar amostras úmidas, previamente pesadas, à uma estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 105°C por um período de 24 horas e, após secagem, pesadas novamente, determinando a umidade do solo (Equação 1).

$$(\theta \%) = \frac{[MSU - MSS]}{MSS} \quad (1)$$

Em que: θ - Umidade a base de massa (g g^{-1});

MSU - Massa do solo úmido (g);

MSS - Massa do solo seco (g).

Por meio da equação obteve-se umidade do solo em 5,5 % em base de massa. De posse da umidade obteve-se a massa seca (4.700 g) do solo subtraindo a massa de água 0,055 g da massa total do solo 5000g, colocado em cada vaso (Equação 2).

$$MSS = Ma - Mt \quad (2)$$

Em que:

MSS - massa de solo seco (g);

Ma - massa de água (g);

Mt - Massa total (g);

Os tensiômetros foram instalados nos vasos preenchidos com solo a uma profundidade de 0,10 m, e em seguida foram imersos em um recipiente com água, de modo que a lâmina de água atingisse 2/3 da altura dos vasos por um

período de 24 h, para que, por capilaridade ocorresse a saturação do solo. Após a saturação, os vasos foram retirados do recipiente para que houvesse a drenagem da água. O escoamento da água dos vasos cessou cinco dias após o início da drenagem e, então, iniciou-se as leituras das tensões (kPa) utilizando tensímetro digital (Sonda Terra) e as pesagens dos vasos em balança semianalítica (Figura 6).

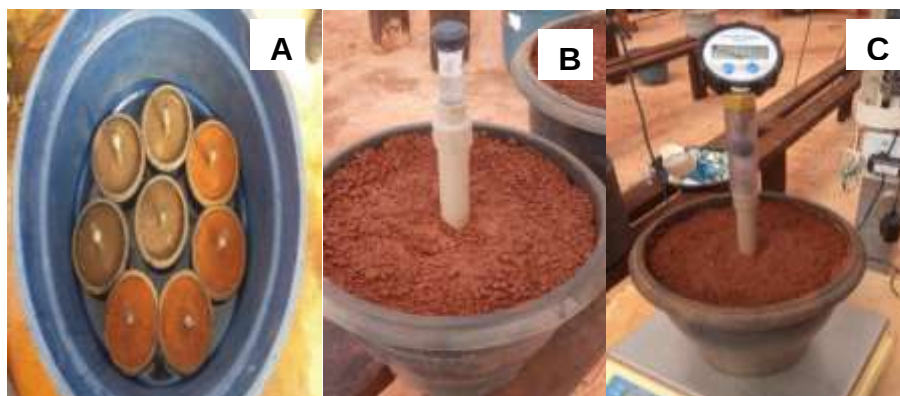


Figura 6 – Saturação dos vasos (A), drenagem da água dos vasos(B), Leitura da tensão (C), vasos utilizados para a confecção da curva característica de retenção de água no solo.

Durante 30 dias foram realizadas as leituras das tensões em dois períodos (manhã e à tarde), onde foram registradas as tensões de água no solo e peso dos vasos na referida tensão, até atingirem a leitura máxima limite do tensiômetro (80 kPa), totalizando 193 leituras.

De posse dos valores do peso dos vasos em cada tensão registrada, realizou-se o cálculo de umidade do solo em base de massa para cada tensão (Equação 3).

$$\theta_m = \frac{[(MSU) - MSS] * 100}{MSS} \quad (3)$$

Em que:

MSU - Massa úmida do solo (g);

MSS - Massa de solo seco (g);

Para conversão da umidade do solo de base de massa para umidade volumétrica calculou-se a densidade do solo ($1,05 \text{ g cm}^{-3}$) (Equação 4), e em seguida a umidade volumétrica (Equação 5).

$$D_s = \frac{M_{ss}}{V} \quad (4)$$

D_s - densidade do solo (g cm^{-3});

M_{ss} - Massa seca do solo (g);

V - Volume do vaso cm^{-3} ;

$$\theta_v = \theta_m * D_s \quad (5)$$

θ_v = Umidade em base se volume ($\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$);

θ_m = Umidade em base de massa (g);

D_s = Densidade do solo (g cm^{-3}).

Os dados obtidos de umidade em cada tensão de água no solo, foram aplicados ao modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980) (equação 6), utilizando o programa computacional Soil Water Retention Curves (SRW), versão 3.0, desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000), gerando a curva de retenção de água do solo (Figura 7). A curva de retenção de água no solo descreve o comportamento da umidade do solo em estudo em função das tensões.

$$\theta_v = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\psi_m|)^n]^m} \quad (6)$$

Em que: θ – umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

θ_r – umidade residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

θ_s – umidade de saturação (kPa);

ψ – potencial mátrico (kPa);

α, m, n – parâmetros do modelo

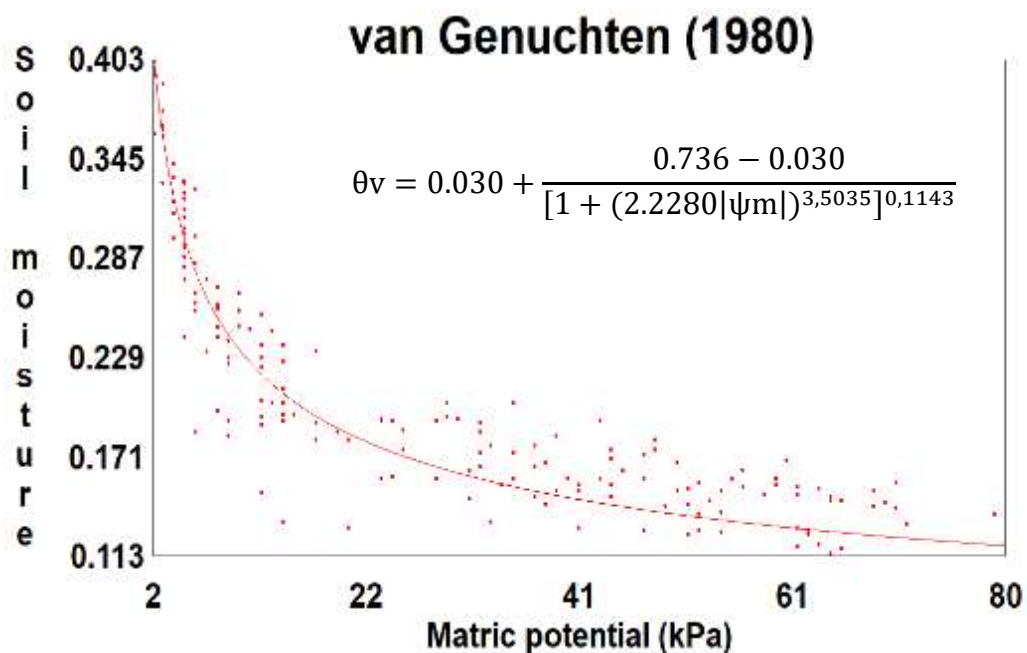


Figura 7 Curva de retenção de água no Latossolo Vermelho modelo de Van Genuchten gerada pelo programa Soil Water Retention Curve (versão 3.0).

A equação gerada possibilita a obtenção da umidade volumétrica, para cada tratamento (Tabela 2).

Tabela 2. Tensão de água no solo e seus respectivos volume de água do Latossolo vermelho para cada vaso, obtidos através da equação gerada pelo modelo de Van Genutchen.

Tensão (kPa)	Volume de água (litros)
5	1,48
15	1,01
25	0,85
35	0,76
45	0,70

5.4. Manejo de Irrigação

Para o monitoramento do conteúdo água no solo, foram utilizados tensiômetros, instalados a 0,10 m de profundidade (Figura 8 A, B e C). As leituras das tensões foram realizadas utilizando tensímetro digital (SondaTerra) (Figura 9), diariamente em dois períodos, entre 7:00 e 8:30h da manhã e entre 15:30 e 17:00 h, durante toda a condução do experimento. O momento de irrigar foi estabelecido quando a umidade do solo em cada unidade experimental atingisse a tensão proposta para cada tratamento, então era irrigada a lâmina necessária para manter a tensão de cada tratamento, de acordo com os valores obtidos na curva característica de água no solo (Figura 8).

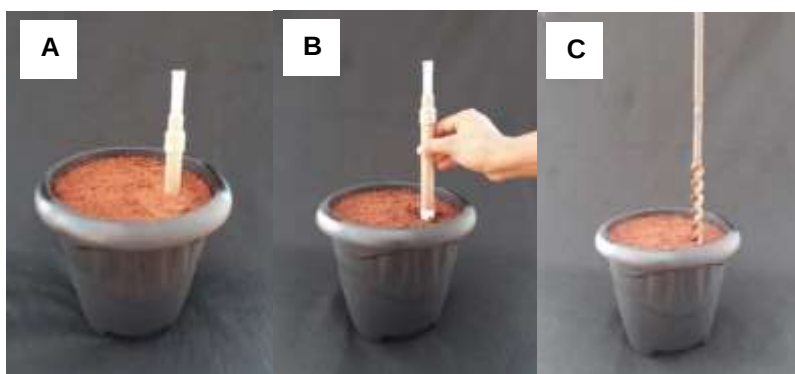


Figura 8 - Perfuração do Solo (A) com auxílio de trado de rosca, e instalação do tensiômetro (B e C).

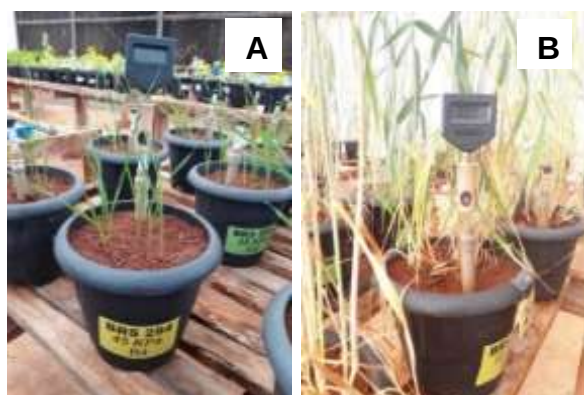


Figura 9 - Leitura das tensões aos 11 (A) e 72 (B), dias após emergência, respectivamente.

5.5 Manejo de adubação e semeadura

Após o período de incubação com calcário os vasos foram preenchidos com o solo e realizada a adubação com macro e micronutrientes adaptado de Carvalho (2016), e semeadura das cultivares de trigo (BRS 254, BRS 264 e BRS 394).

As adubações com macro e micronutrientes foram iguais para todas parcelas experimentais sendo aplicada 200 mg dm⁻³ de nitrogênio utilizando como a fonte ureia, parcelada em três aplicações 15, 22 e 32 DAE (dias após emergência), 300 mg dm⁻³ de fósforo utilizando super fosfato simples, 74,56 mg dm⁻³ potássio utilizando cloreto de potássio (P.A – puro para análise), 0,5 mg dm⁻³ de boro ácido bórico (P.A), 0,8 mg dm⁻³ de cobre utilizando sulfato de cobre (P.A) e 10,8 mg dm⁻³ de zinco utilizando sulfato de zinco (P.A) aplicados em solução e em dose única (Figura 10).



Figura 10 - Adubação com potássio e micronutrientes no plantio das unidades experimentais.

Após a adubação, foram distribuídas 20 sementes de trigo por cada vaso, cultivares de trigo: BRS 254, BRS 264, BRS 394 (Figura 11).



Figura 11 - Semeadura do trigo nas unidades experimentais (A), germinação das plântulas 3 dias após a semeadura (B).

Realizou-se três desbastes após a emergência das plântulas aos 3, 6 ,8 DAE, deixando 15, 8 e 6 plantas por vaso respectivamente (Carvalho et al., 2016).

5.7 Monitoramento e controle fitossanitário

O monitoramento de pragas e doenças foi realizado durante todo período de condução do experimento, através de observação visual para a identificação de sintomas ou verificação de ataque de pragas. Quando detectado o ataque de pragas ou doenças foi realizado o controle por meio de aplicação de produtos fitossanitários comerciais (Tabela 3).

Tabela 3 Produtos químicos utilizados para controle de pragas e doenças.

Data da aplicação	Praga ou doença afetada	Produto Comercial	Recomendação comercial (ml ha ⁻¹)
18/06/2018	Lagartas	Exalt	150 ml ha ⁻¹
04/04/2018	Pulgões	Fastc Duo	300 ml ha ⁻¹
24/07/2018	Queima da folha do trigo (Bacteria <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Syringae</i>)	Engeo pleno Approach prima	200 ml ha ⁻¹ 300ml ha ⁻¹

5.8 Variáveis Analisadas

15 dias após a aplicação dos tratamentos de tensões de água no solo, iniciou-se as avaliações das seguintes variáveis:

- Altura de planta: Foi mensurado com auxílio de régua graduada, medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha;
- Diâmetro do colmo: Medição do diâmetro do colmo das plantas principais utilizando paquímetro digital, a 3 cm do solo;
- Número de folhas: Contagem manual do número de folhas com a lígula exposta, por vaso, com exceção das folhas senescentes (Figura 12 A);
- Número de perfilhos: Contagem manual dos perfilhos formados na planta principal;
- Índice de clorofila (SPAD): Realizado utilizando o aparelho MINOLTA SPAD- 502, nas folhas (+1 e +2) com lígula exposta e nas folhas bandeira, média das leituras de 6 folhas das plantas principais;
- Comprimento da folha bandeira: Utilizando uma régua graduada realizou-se a medição do comprimento da folha bandeira das plantas principais (Figura 12B);
- Comprimento do pedúnculo: comprimento do colmo entre a inserção da folha bandeira e a espiga;
- Condutância estomática e temperatura foliar: Realizada através da leitura de 2 folhas por vaso com auxílio do porômetro Leaf Porometer (Figura 12 C);

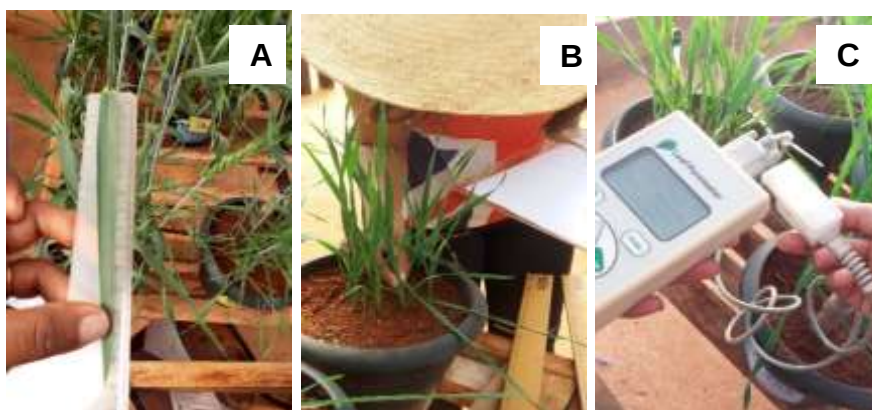


Figura 12 - contagem manual do número de folhas (A), comprimento da folha bandeira, determinação da condutância estomática e temperatura foliar.

- Dias entre a emergência e o espigamento (DEE): Realizou-se a contagem dos dias entre a emergência das plantas até o espigamento de mais de 50% das plantas principais do vaso;
- Dias entre a emergência e o florescimento (DEF): Realizou-se a contagem dos dias entre a emergência das plantas com mais de 50% de florescimento;
- Dias entre a emergência e a maturação (DEM): Realizou - se a contagem dos dias entre a emergência das plantas e a maturação de todas as plantas principais do vaso;

Colheita

- Número de espigas por planta: Contagem manual do número de espigas contidas em cada planta de trigo.
- Número de espigas por vaso: Contagem manual do número de espigas por vaso.
- Número de espiguetas por espigas: Contagem manual de espiguetas em cada espiga;
- Número de grãos por espiguetas: Após debulha realizou-se a contagem manual do número de grãos por espiguetas;
- Número de grãos por planta (NG): Contagem manual de número de grãos por vaso após debulha (Figura 13 C)
- Massa seca de grãos (PG): Pesagem dos grãos após secagem em estufa com auxílio de balança analítica.;
- Massa seca de espigas (MSE): Após a colheita as espigas foram secas em estufa de circulação forçada a 65°, por 48 horas e posteriormente pesados em balança semi-analítica (Figura 13 B).
- Massa seca da parte aérea (MSPA): Pesagem em balança semi-analítica da parte aérea (folhas, colmos e espigas), após serem secas em estufa;

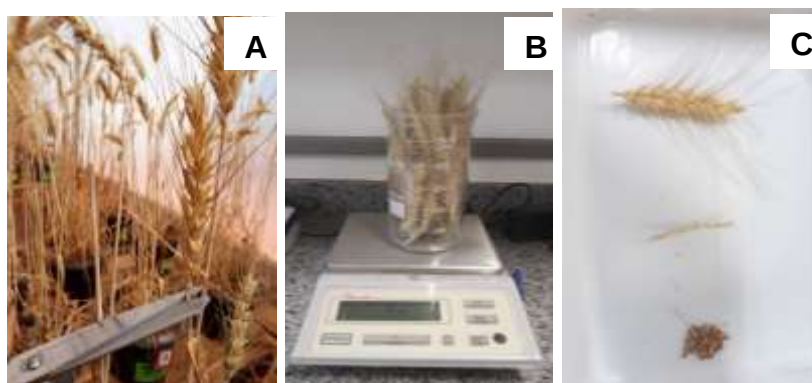


Figura 13 - Corte das espigas de trigo (A), Pesagem das espigas em balança semi analítica (B), Número de espiguetas e grãos por espigas(C).

- Massa seca de raízes (MSR): após secagem das raízes em estufa de circulação forçada a 65° até massa constante, pesa-se a massa seca das raízes com auxílio de balança analítica.
- Volume de raízes (VR): Após lavagem das raízes e posterior secagem ao natural as raízes, as raízes foram imersas em uma proveta de volume conhecido contendo água e observado a variação do volume. (Figura 14 C);
- Massa seca total (MST): Somatório da massa seca da parte aérea + massa seca das raízes.
- Eficiência no uso da água (EUA): A razão entre a massa seca de grãos e a água consumida durante todo o ciclo da cultura
- Consumo de água (CA): Quantificação da água aplicada em cada unidade experimental desde a aplicação dos tratamentos aos 15 dias após plantio até o corte.

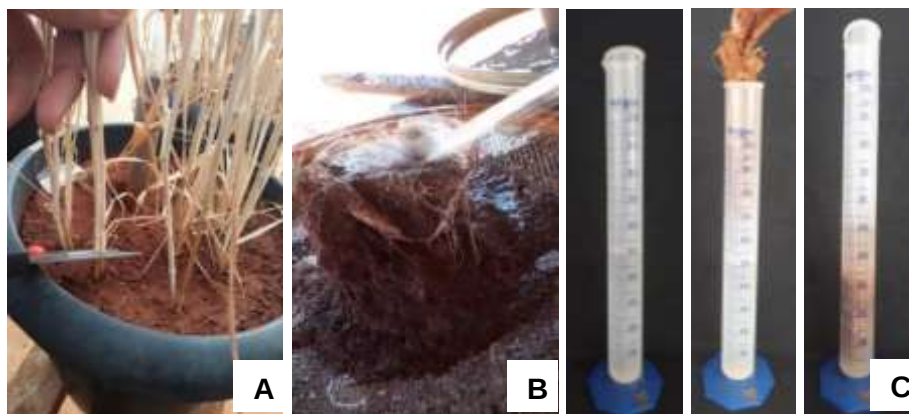


Figura 14- Corte das plantas rente o solo (A), Lavagem das raízes (B), determinação do volume de raízes (C).

5.9 Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F para encontrar possíveis interações. As variáveis qualitativas (Cultivares) foram submetidas ao teste de média de Tukey a 5 e 10% de probabilidade. As variáveis quantitativas (tensões de água no solo) foram submetidas análise de regressão.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Número de Folhas

Para o número de folhas, aos 30 dias após a emergência (DAE), não houve interação significativa entre os fatores cultivares e tensões de água no solo. Contudo, houve efeito de forma isolada.

Dentre as cultivares estudadas, a cultivar 264 destacou-se apresentando maior número de folhas (57,85 folhas vaso⁻¹), apesar de não diferenciar

estatisticamente da cultivar BRS 394. A cultivar BRS 254 produziu o menor número de folhas ($47,65 \text{ vaso}^{-1}$) (Figura 15).

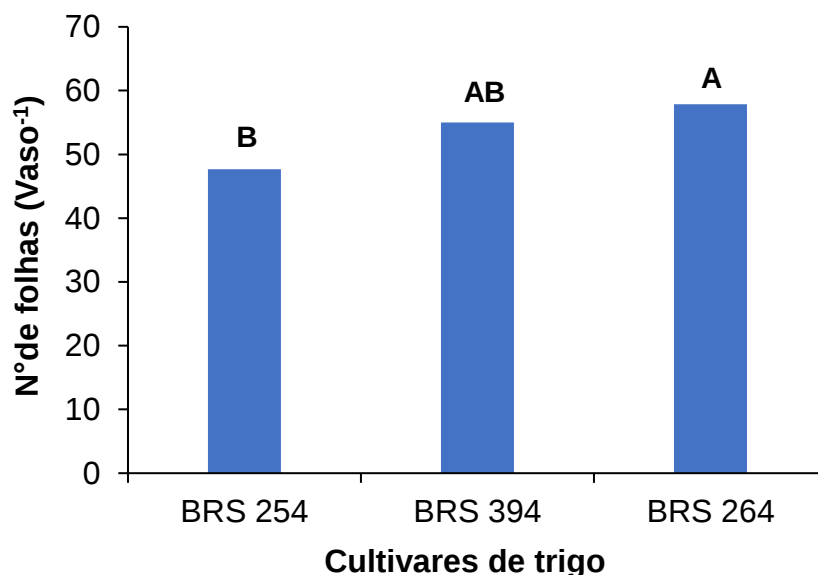


Figura 15 - Número de folhas das cultivares de trigo (BRS 254 ,394 e 264) aos 30 DAE. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Para as tensões de água no solo, houve ajuste ao modelo linear de regressão decrescente com aumento das tensões (Figura 16), apresentando uma redução de 36,65% no número de folhas quando é comparada a tensão 5 kPa e 45 kPa (Figura 17).

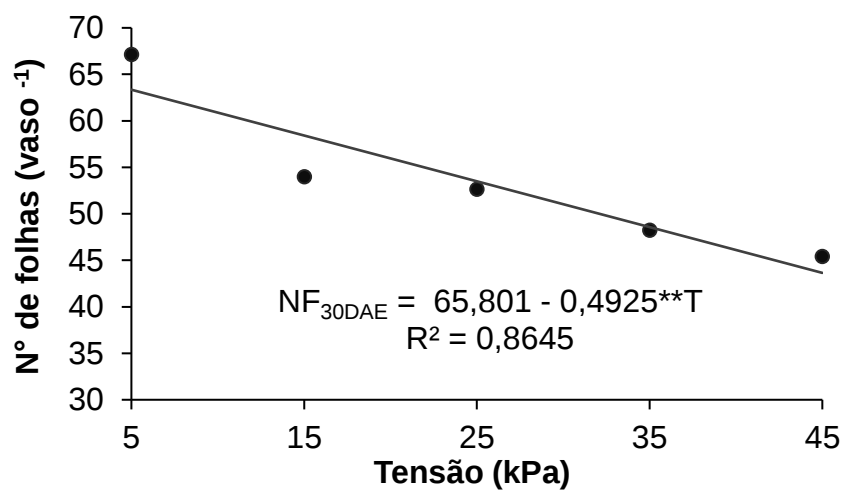


Figura 16 - Número de folhas das plantas de trigo em função das tensões da água no solo. NF- Número de folhas. T- Tensão. ** Significativo a 1% de probabilidade.

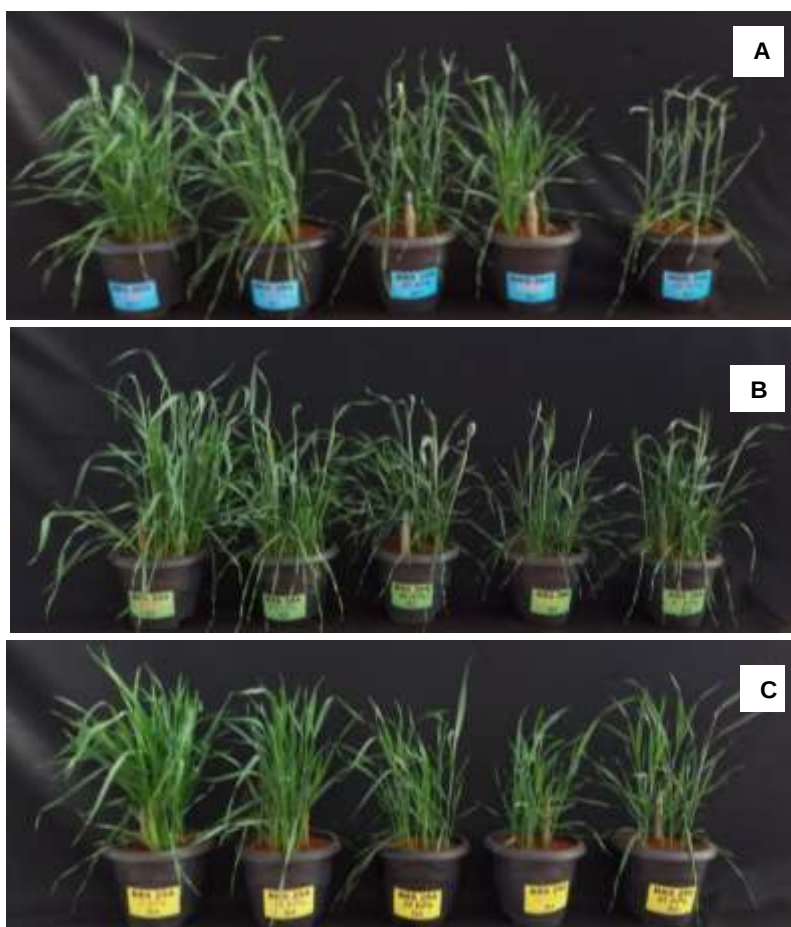


Figura 17 - Crescimento das plantas de trigo em cada tensão aplicada aos 30 DAE. BRS 254 (A), BRS 264(B), BRS 394(C).

As folhas são responsáveis pela produção de fotoassimilados, que são usados como fonte de energia para a planta e transportados e armazenados nos grãos, estando diretamente relacionado a produtividade das culturas (Duarte e Peil, 2010).

O estresse hídrico é um dos principais fatores que atuam na redução do número de folhas, pois a água tem um importante papel na expansão e alongamento celular. A queda na turgescência da folha diminui a pressão sobre a membrana da célula, paralisando os processos fisiológicos de crescimento que só acontecem quando as folhas se encontram turgidas (Pimentel, 2004).

A redução no número de folhas de trigo quando submetida ao estresse hídrico, corrobora os resultados de Santos et al. (2012), que estudaram cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico e observaram redução no número de folhas nas plantas, diminuindo a área foliar sempre que houve a diminuição da umidade do solo.

Sob restrição hídrica, as culturas tendem a reduzir a área de evaporação e transpiração (número de folhas) a fim de diminuir a perda de água e aumentar a eficiência no uso da água (Agami et al., 2018).

6.2 Número de perfilhos

O número de perfilhos das cultivares de trigo aos 30 dias após emergência (DAE), apresentaram interação significativa a 10% de probabilidade, entre as tensões de água no solo e as cultivares estudadas (Tabela 4). Todas as cultivares estudadas apresentaram uma diminuição gradativa no número de perfilhos à medida que aumentaram as tensões de água no solo.

As cultivares BRS 394 e 264, apresentaram o maior número de perfilhos (24,25 e 27,50 perfilhos vaso⁻¹) na tensão de 5 e 15 kPa, respectivamente, e 16,75 perfilhos vaso⁻¹ na tensão 25 kPa, diferenciando estatisticamente da cultivar BRS 254, que apresentou os menores número de perfilhos em todas as tensões estudadas, demonstrando maior susceptibilidade às restrições hídricas.

Tabela 4. Número de perfilhos das cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo, aos 30 dias após emergência.

Tensões (kPa)	Número de perfilhos (nº vaso ⁻¹)		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	17,50 b	24,25 a	27,50 a
15	13,75 b	15,00 b	16,75 b
25	8,25 b	12,25 a	15,75 a
35	8,00 b	10,00 ab	12,50 a
45	7,75 b	10,50 ab	12,00 a
CV %	15,71		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

As tensões de água no solo e as cultivares estudadas influenciaram o número de perfilhos das plantas de trigo, havendo ajuste ao modelo de regressão linear decrescente para todas cultivares estudadas (BRS 264 ,254 e 394) (Figura 18).

As cultivares BRS 264 e 254 apresentaram o maior decréscimo no número de perfilhos, conforme aumentava-se as tensões de água no solo, apresentando uma redução de 62,20% e 62,78% no número de perfilhos, quando comparado a menor (5 kPa) e a maior tensão (45 kPa) aplicada.

A cultivar BRS 394 apresentou uma redução menor (52,22 %) no número de perfilhos, quando comparado a maior (45 kPa) e a menor (5 kPa) tensão aplicada.

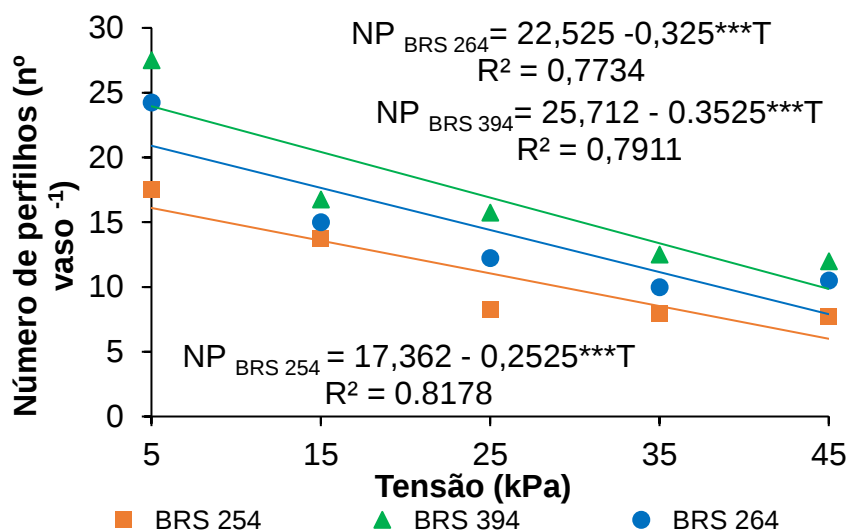


Figura 18 - Número de perfilhos das cultivares de trigo em função das tensões de água no solo aos 30 DAE. NP- Número de Perfilhos. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

A significância da interação encontrada nesse estudo, está de acordo com Thapa et al., (2018), que ao estudarem cultivares de trigo (TAM 111, TAM 112 e TAM 304) com e sem restrição hídrica (90, 50 e 40% da capacidade de campo), observaram a influência de ambos fatores na produção de perfilhos no trigo, havendo redução significativa no número de perfilhos nos dois anos do seu estudo, de cultivo do trigo.

Agami et al. (2018) estudando as plantas de trigo (cv. Giza-168) sob déficit hídrico (100 e 60% da evapotranspiração) encontrou uma redução de 24,81% no número de perfilhos nas plantas de trigo, quando comparada com as plantas sem restrição hídrica.

Ishan et al. (2016) estudando quatro genótipos de trigo, em diferentes regimes hídricos (100, 75 e 50% da capacidade de campo), relatam que os genótipos (YR, Fsd-08, F-10 e L-7096) foram severamente influenciados pelas restrições hídricas o que causou vários prejuízos as características vegetativas e reprodutivas dos genótipos estudados.

6.3 Altura de plantas

Para a altura de plantas, aos 30 (DAE), houve interação significativa entre as cultivares de trigo e as tensões de água no solo. A cultivar BRS 264 e 394 apresentaram maiores alturas de plantas (34,76 e 33,06 cm), respectivamente, e a cultivar BRS 254 apresentou a menor altura na menor disponibilidade hídrica (45 KPa) (Tabela 5). Na tensão de 25 KPa, a cultivar BRS 254 proporcionou a menor altura de plantas. Em contrapartida, com a cultivar BRS 264 foram obtidas plantas mais altas.

Tabela 5. Altura de plantas das variedades de trigo nas cinco tensões de água no solo, aos 30 dias após a emergência (DAE)

Tensões (kPa)	Altura de Plantas (cm)		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	31,41 a	30,63 a	31,41 a
15	24,96 a	27,37 a	29,91 a
25	23,61 b	27,70 ab	29,74 a
35	25,53 a	26,63 a	28,61 a
45	23,41 b	33,06 a	34,76 a
CV %	10,69		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

A altura de plantas, aos 30 dias após emergência, ajustou-se ao modelo quadrático de regressão para todas as cultivares estudadas BRS 254, 394 e 264, em que, a menor altura (26,83 cm) foi observada na cultivar BRS 264 na tensão 23,48 KPa. A cultivar BRS 254 apresentou a menor altura de plantas (23,40 cm) na tensão 34,05 KPa (Figura19).

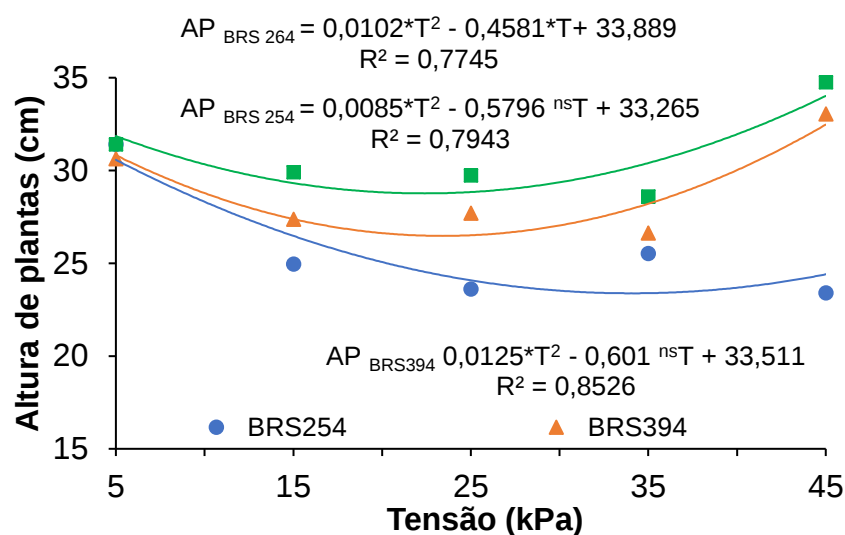


Figura 19 - Cultivares de trigo (BRS 254, 264 e 394) sob tensões de água no solo aos 30 DAE. AP- Altura de plantas de trigo * e ns significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Para altura de plantas (45 DAE), não houve interação significativa entre as tensões de água no solo e as cultivares estudadas, porém, houve significância para ambos os fatores de forma isolada.

Dentre as cultivares estudadas, a cultivar BRS 254 se diferenciou das demais apresentando a menor altura de plantas (62,47 cm). As cultivares BRS 394 e 264 apresentaram as maiores alturas de plantas (69,1 e 68,47 cm), respectivamente, não se diferenciando estatisticamente (Figura 20).

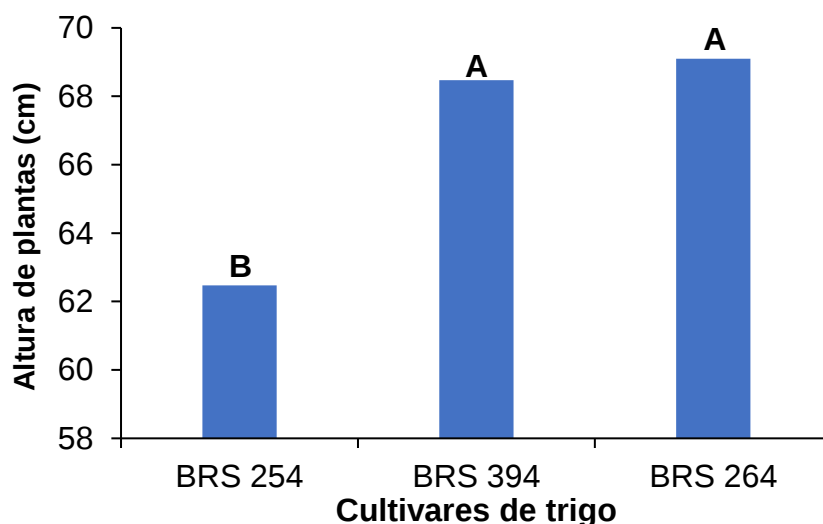


Figura 20 - Altura de plantas das variedades de trigo estudadas aos 45 DAE. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A altura das cultivares de trigo foram afetadas pelas tensões de água no solo, ajustando-se ao modelo de regressão linear decrescente, apresentando uma diminuição de 7,5% na altura das plantas à medida que aumentaram as tensões de água no solo, quando comparado a tensão 5 kPa e 45 kPa (Figura 21).

Bouta et al. (2010), estudando os parâmetros de crescimento e rendimento das cultivares de trigo (Sindy-1, Sindy-2, Al-gaimi e Hab-Ahmar), submetidas aos tratamentos hídricos de 80, 50 e 30% da capacidade de campo, observou que houve redução na altura de algumas cultivares quando irrigadas apenas com 50% de CC e outras apresentaram aumento da altura quando submetidas a estresse mais severo 30% CC (cultivar Sindy-2), indicando que o comportamento das cultivares diverge entre si, e em algumas cultivares o estresse hídrico contribui estimulando para o crescimento das plantas.

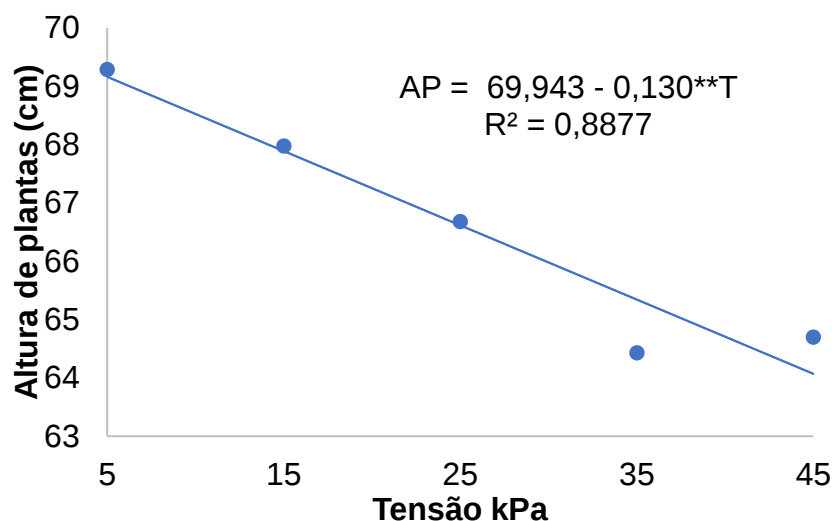


Figura 21 -. Altura de plantas de trigo em função das tensões de água no solo. AP- Altura de plantas. T- Tensão de água no solo. ** significativo a 1% de probabilidade.

A restrição hídrica a qual as cultivares foram submetidas influenciaram o seu crescimento, havendo a diminuição da altura das plantas à medida que houve aumento das tensões de água no solo. Plantas submetidas a restrições hídricas tem seu crescimento afetado, porque há redução da turgescência que diminui a divisão e alongamento celular reduzindo o desenvolvimento das plantas que conseqüentemente reduz a produção e translocação de fotoassimilados (Fumis e Pedras, 2002; Taiz e Zeiger, 2013).

A redução da altura das plantas de trigo, corrobora os resultados obtidos por Santos et al. (2012), que estudando três cultivares de trigo (Coodetec (CD) 105, 108 e 111) submetidas a déficit hídrico, verificou redução significativa entre a altura de todas cultivares estudadas quando submetidas a restrição hídrica.

Thapa et al. (2018), ao avaliarem três cultivares de trigo (TAM 111, TAM 112 e TAM 304) em condições adequadas e limitadas de água (90 a 100 % e 40 e 50 % da evapotranspiração da cultura), na região Sul dos Estados Unidos, verificaram uma redução na altura das cultivares estudadas, onde as cultivares submetidas a condições limitadas de água, apresentaram uma média de altura de 64,1 cm e as cultivares em condições de água adequadas 83,3 cm, evidenciando a influência negativa da restrição hídrica na altura das plantas de trigo.

Plantas muito baixas e plantas muito altas que geralmente tem seu diâmetro de caule menor, favorece acamamento das plantas prejudicando a mecanização na colheita.

6.4 Diâmetro de Caule

O diâmetro de caule das cultivares de trigo foi influenciado apenas pelas tensões de água no solo, de forma isolada (Figura 22). Para essa variável, houve ajuste dos dados ao modelo de regressão linear, com um comportamento decrescente, em que a menor tensão (5 kPa) proporcionou 3,028 mm de diâmetro, e a tensão maior (45 kPa) proporcionou um diâmetro de 2,59 mm.

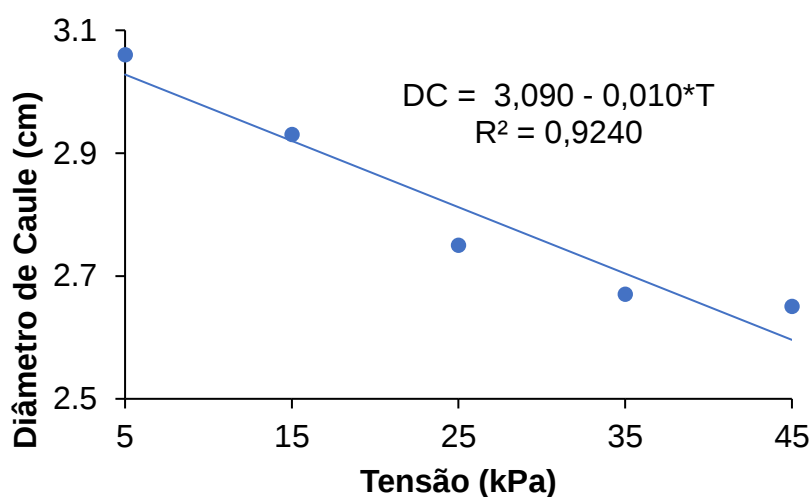


Figura 22 - Diâmetro de caule das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. DC- Diâmetro de caule. T- tensão de água no solo. * significativo a 5% de probabilidade.

O diâmetro do caule das plantas é um parâmetro relacionado com a produtividade, tolerância ao acamamento e de resistência à seca., pois um diâmetro do caule menor favorece ao acamamento, reduzindo a fotossíntese, dificulta a mecanização e promove um microclima que é propício para a proliferação de patógenos (Mori et al., 2016).

Rouphael et al. (2012) relatou que o estresse hídrico reduz o crescimento do trigo tendo por consequência a perda do rendimento do trigo, ocasionado pela redução de absorção e transporte de nutrientes.

Plantas com diâmetro de caule maiores favorecem o desenvolvimento e produtividade do trigo, pois Foulkes et al. (2007). afirma que as reservas dos carboidratos solúveis como os frutanos, que se acumulam nos caules e nas bainhas foliares das culturas, são responsáveis por uma contribuição relativa de cerca de 6 a 100% dos carboidratos das plantas.

Os resultados obtidos nesse estudo corroboram os de Agami et al. (2018), que estudando trigo de inverno adubado com doses de nitrogênio (0; 0,3; 0,6 g de N/ Kg de solo) e com irrigação (60% e 100% ETc), verificaram que mesmo havendo suprimento de nitrogênio adequado para a cultura, o déficit hídrico influenciou negativamente o diâmetro de caule do trigo, havendo diminuição tanto do caule e de seus componentes como espessura da parede do tecido do esclerênquima, do diâmetro das células do parênquima, vasos metaxilema e diminuição do feixes vasculares onde na ausência da adubação nitrogenada(0,0 g de N/ Kg de solo) na irrigação deficitária (60% ETc), apresentou o menor diâmetro de caule do trigo de inverno (1,96 mm).

6.5 Índice SPAD das folhas +1+2

O índice SPAD, expressa o teor nutricional do nitrogênio na planta de forma instantânea, baseando-se na correlação entre a coloração verde e o nitrogênio existente nas folhas (Godoy et al., 2008).

Para o índice SPAD nas plantas de trigo, houve significância isolada para as cultivares e tensões de água no solo. Aos 30 (DAE), houve significância tanto para as tensões como para as cultivares.

Para o índice SPAD, a cultivar BRS 264 teve destaque obtendo o maior índice SPAD (54,04), contudo, não se diferenciou estatisticamente da cultivar BRS 254. Já a cultivar BRS 394 apresentou o menor índice SPAD (52,05), não diferenciando estatisticamente da cultivar BRS 254 (Figura 23).

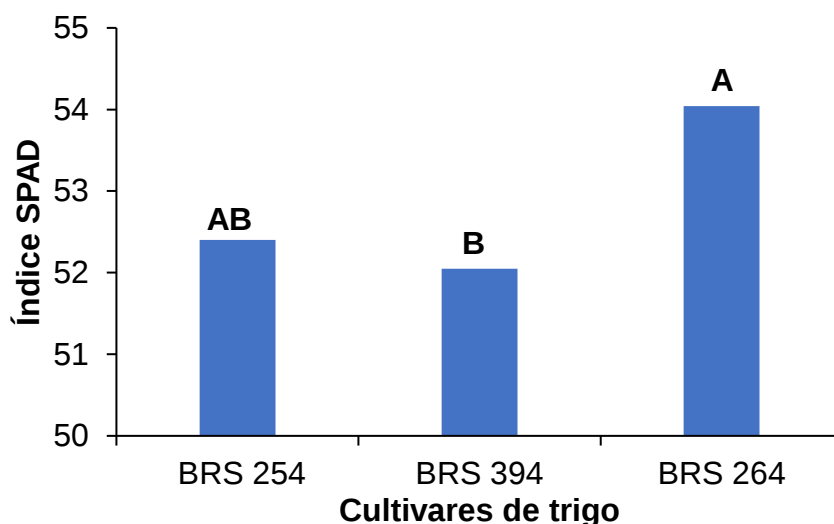


Figura 23 - Índice SPAD (teor de clorofila) das cultivares estudadas aos 30(DAE). Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O índice de clorofila SPAD, foi influenciado pelas tensões de água no solo, onde pode-se observar um comportamento linear de regressão crescente em ambas avaliações (30 DAE e 45 DAE)

Aos 30 DAE, o índice SPAD na tensão 45 KPa apresentou aumento de 16,6% em comparação com a menor tensão 5Kpa.

Aos 45 DAE, o índice SPAD manteve seu comportamento linear crescente, proporcionando um acréscimo no índice SPAD de 22,84%, quando comparada a maior (45KPa) e a menor (5 KPa) tensão (Figura 24).

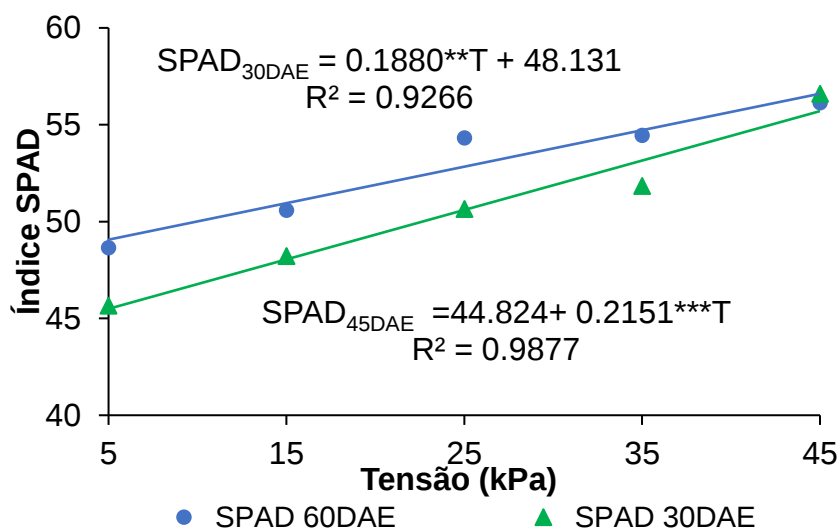


Figura 24 - Índice de clorofila de plantas de trigo sob tensões de água aos 30e 45 dias após a emergência. ***e ** significativo a 0,1% e 1% de probabilidade.

A diminuição de número de folhas nos tratamentos com maior restrição hídrica encontrada nesse estudo, pode explicar o aumento do índice SPAD a medida que aumentava o déficit hídrico, pois de acordo com Backes (2010) e Bonfim-Silva et al. (2014) que em seus estudos, relataram que as plantas submetidas ao estresse hídrico apresentam menor massa seca da parte aérea, causando maior concentração maior N e maior leitura SPAD, pelo efeito da diluição.

Bonfim-Silva et al. (2014), observaram maior leitura SPAD na menor disponibilidade hídrica (20% da capacidade de campo), no estudo do desenvolvimento e produção de capim-convert HD364 submetido ao estresse hídrico (20, 4, 60, 80,100 e 120% Capacidade de Campo).

6.6 Índice SPAD da folha bandeira

O índice SPAD da folha bandeira apresentou interação significativa, entre as tensões de água no solo e as cultivares estudadas. Apenas na tensão de 5 KPa apresentou diferença significativa entre as cultivares, onde a cultivar BRS

264 apresentou o menor índice SPAD da folha bandeira (48,12), contudo não se diferenciou estatisticamente da cultivar BRS 394 (51,25) (Tabela 6).

Tabela 6. SPAD da folha bandeira nas cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo, aos 45(DAE).

Tensões (kPa)	SPAD DA FOLHA BANDEIRA		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	54,60 a	51,25 ab	48,12 b
15	54,37 a	55,02 a	52,70 a
25	54,62 a	54,65 a	57,17 a
35	55,25 a	56,90 a	56,45 a
45	56,42 a	54,17 a	57,15 a
CV %	5,23		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10%.

A cultivar BRS 264 e 394, ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática, apresentando um aumento no índice SPAD maior 57,45, na tensão de 36,78 KPa e 56,09 na tensão 30,25 KPa, respectivamente (Figura 25).

A cultivar BRS 254 dentro das tensões, apresentou um comportamento linear, em que, na tensão 5 KPa o índice SPAD encontrado foi 54,14 e na maior tensão 45 KPa apresentou o índice SPAD de 55,95.

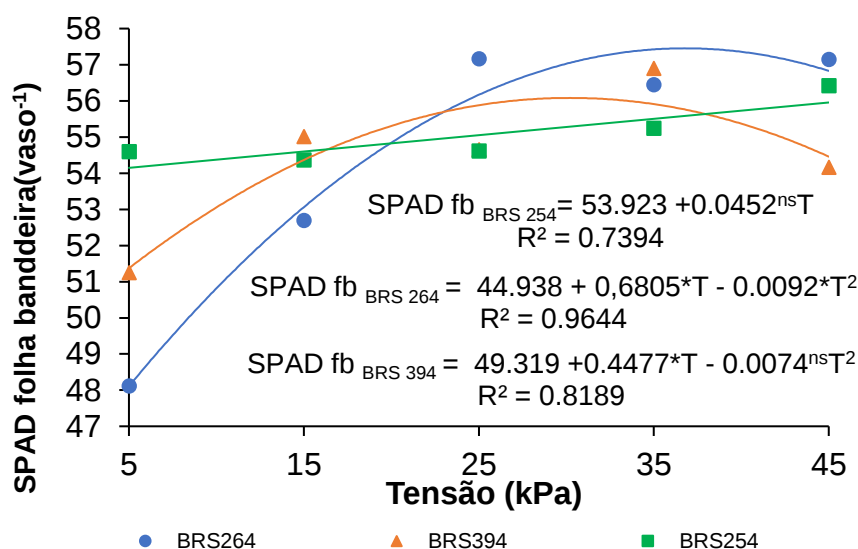


Figura 25 - Índice de clorofila- SPAD das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. * significativo a 5 % de probabilidade.

Avaliar o índice de clorofila SPAD é muito importante pois a fotossíntese da folha bandeira na cultura do trigo é responsável por contribuir de 30 a 50% dos fotoassimilados que são translocados para enchimento dos grãos (Joulkes, et al., 2007).

Tradicionalmente, a folha bandeira tem sido considerada o principal contribuinte para o enchimento de grãos no trigo, como fonte de fotoassimilados e nitrogênio, sendo fator determinante para a produtividade do trigo (Agami et al., 2018).

As características fotossintéticas são significativamente influenciadas pelo estresse hídrico no período que antecede o espigamento, que pode diminuir a duração da fotossíntese e antecipar a senescência da folha bandeira (Liu et al., 2016).

O suprimento adequado de nitrogênio principalmente nos períodos de formação dos componentes do rendimento do trigo como espiguetas, espigas e enchimento de grãos é o que vai garantir uma boa produtividade (Braz et al., 2006).

6.7 Comprimento da folha bandeira

O comprimento da folha bandeira não apresentou interação significativa entre os fatores, contudo houve significância de forma isolada para as tensões de água no solo e as cultivares estudadas.

A cultivar BRS 394 destacou-se entre as cultivares estudadas apresentando o maior comprimento da folha bandeira (23,43 cm), já a cultivar BRS 254 foi a que apresentou o menor comprimento da folha bandeira (20,04 cm) (Figura 26).

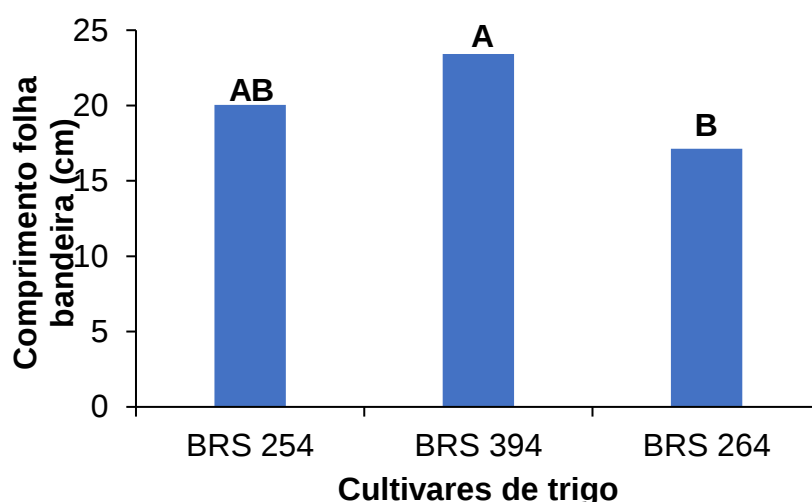


Figura 26 - Comprimento da folha bandeira das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando submetidas ao estresse hídrico, as plantas desenvolvem mecanismos de defesa para sobreviverem a essa situação. Há então a diminuição da área foliar que é uma estratégia para que a planta reduza a transpiração e mantenha-se mais hidratada, porém, a redução da área foliar significa menos fotossíntese, impactando negativamente no número de grãos (Raza et al., 2014).

A folha bandeira contribui de 30 a 50% com fotoassimilados para o enchimento de grãos, a sua redução compromete a produção de grãos (Ihsan et al., 2014; Abhinadan et al., 2018).

As tensões de água no solo influenciaram o comprimento da folha bandeira ajustaram-se ao modelo de regressão linear decrescente, havendo um decréscimo de 35,39% no comprimento da folha bandeira quando se comparada a menor 5 kPa e a maior tensão 45 kPa (Figura 27).

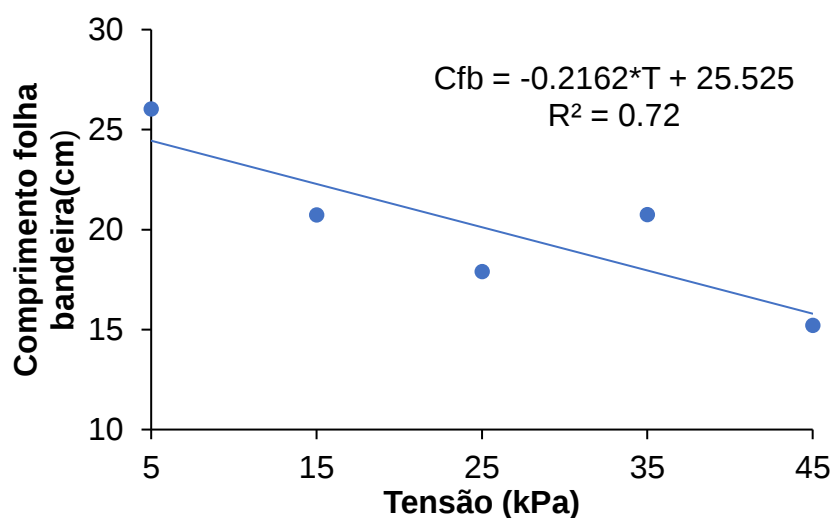


Figura 27 - Comprimento da folha bandeira das cultivares de trigo. * significativo a 5% de probabilidade.

Xu et al. (2016) estudando o trigo de inverno na China sob restrição hídrica, observou um aumento significativo no comprimento da folha bandeira no tratamento com irrigação suficiente.

6.8 Comprimento do pedúnculo

Avaliando o comprimento do pedúnculo das cultivares de trigo, aos 45 DAE, não foi encontrada interação significativa entre as tensões de água no solo e as tensões estudadas, entretanto, houve significância de forma isolada para ambos fatores.

A cultivar BRS 254 apresentou o menor comprimento do pedúnculo (10,47 cm), diferenciando estatisticamente da cultivar BRS 394 e 264 que apresentaram o maior comprimento do pedúnculo (14,78 e 19,97 cm), respectivamente (Figura 28).

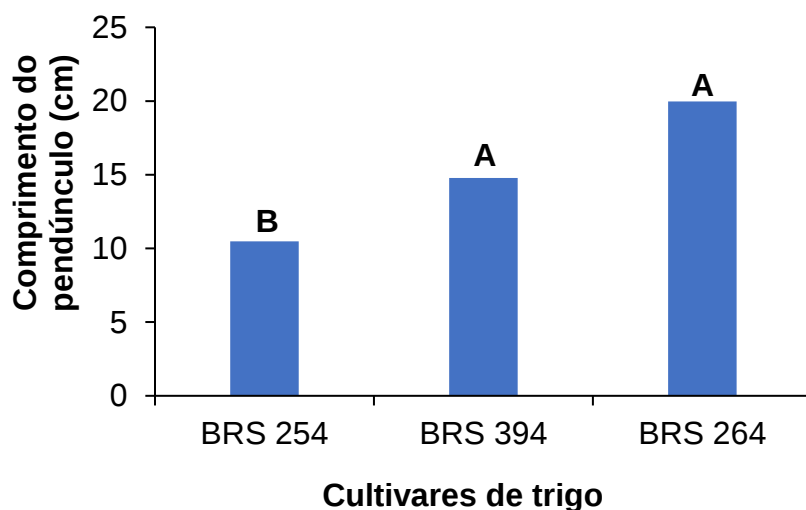


Figura 28 - Comprimento do pedúnculo das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O comprimento do pedúnculo foi afetado pelas tensões de água no solo, ajustando-se ao modelo de regressão quadrático. O comprimento da folha bandeira máximo 18,5 cm, foi obtido na tensão 14,24 kPa, havendo um decréscimo de 14,74% quando comparado com a máxima restrição hídrica 45 kPa (Figura 29).

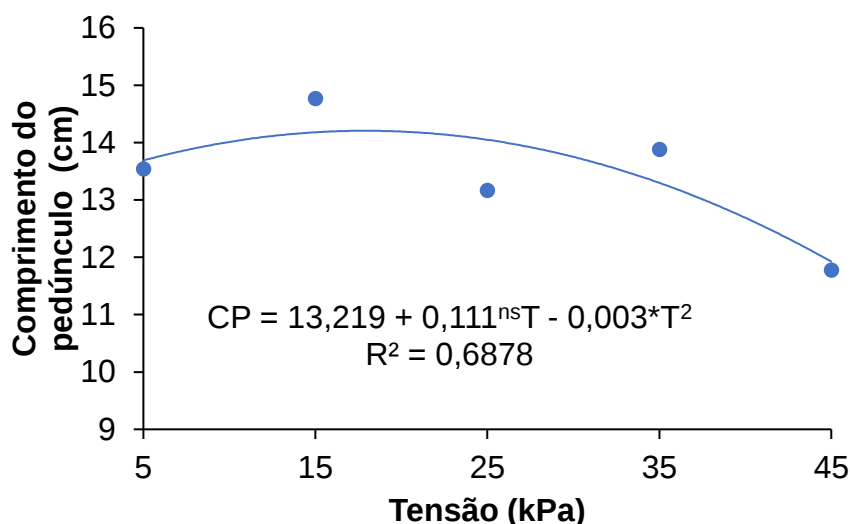


Figura 29 - Comprimento do pedúnculo das plantas de trigo sob tensões de água no solo. *, ns 5% e não significativo.

O comprimento do pedúnculo é uma variável importante no estudo do estresse hídrico, pois, é uma característica que proporciona identificar as plantas que possuem tolerância ao déficit hídrico, visto que, uma menor distância entre a folha bandeira e a espiga promove uma economia de água para o transporte dos fotoassimilados para os grãos, colaborando para o aumento da eficiência do uso da água (Batista et al.,2017).

Cruz et al. (2001), reporta que o comprimento do pedúnculo das plantas de trigo é uma característica associada ao acamamento, já que, plantas com maiores comprimentos do pedúnculo estão mais susceptíveis ao acamamento por serem plantas de maior estatura.

6.9 Número de espigas

Para o número de espigas aos 60 DAE foi observada significância isolada para as tensões de água no solo e para as cultivares estudadas (Figura 30). Para a avaliação aos 75 DAE foi observada interação significativa entre os fatores estudados.

A variável número de espigas é muito importante, pois é um componente do rendimento, que está diretamente relacionado com a produtividade da cultura.

Aos 60 DAE as cultivares de trigo BRS 394 e 264 destacaram-se apresentando o maior número de espigas (16,7 e 17,89 vaso⁻¹), respectivamente. Já a cultivar BRS 254 apresentou o menor número de espigas (12,9 vaso⁻¹) (Figura 30).

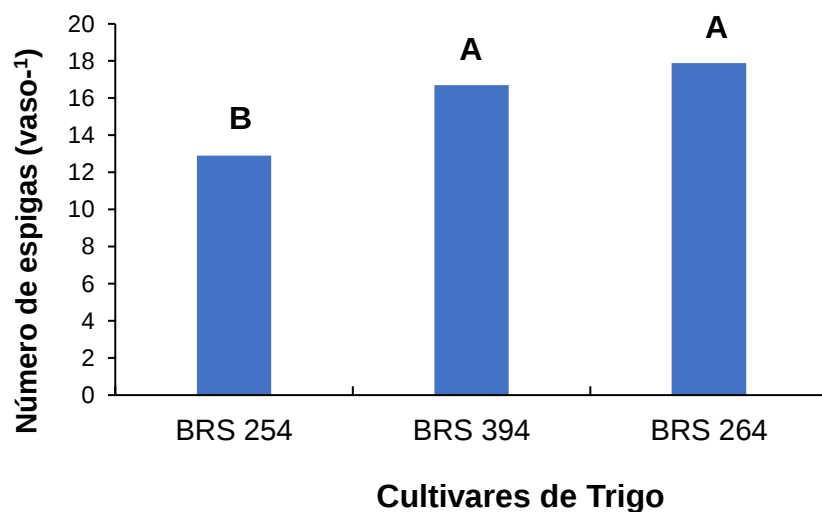


Figura 30 - Número de espigas das cultivares de trigo estudadas aos 45 (DAE). Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5%.

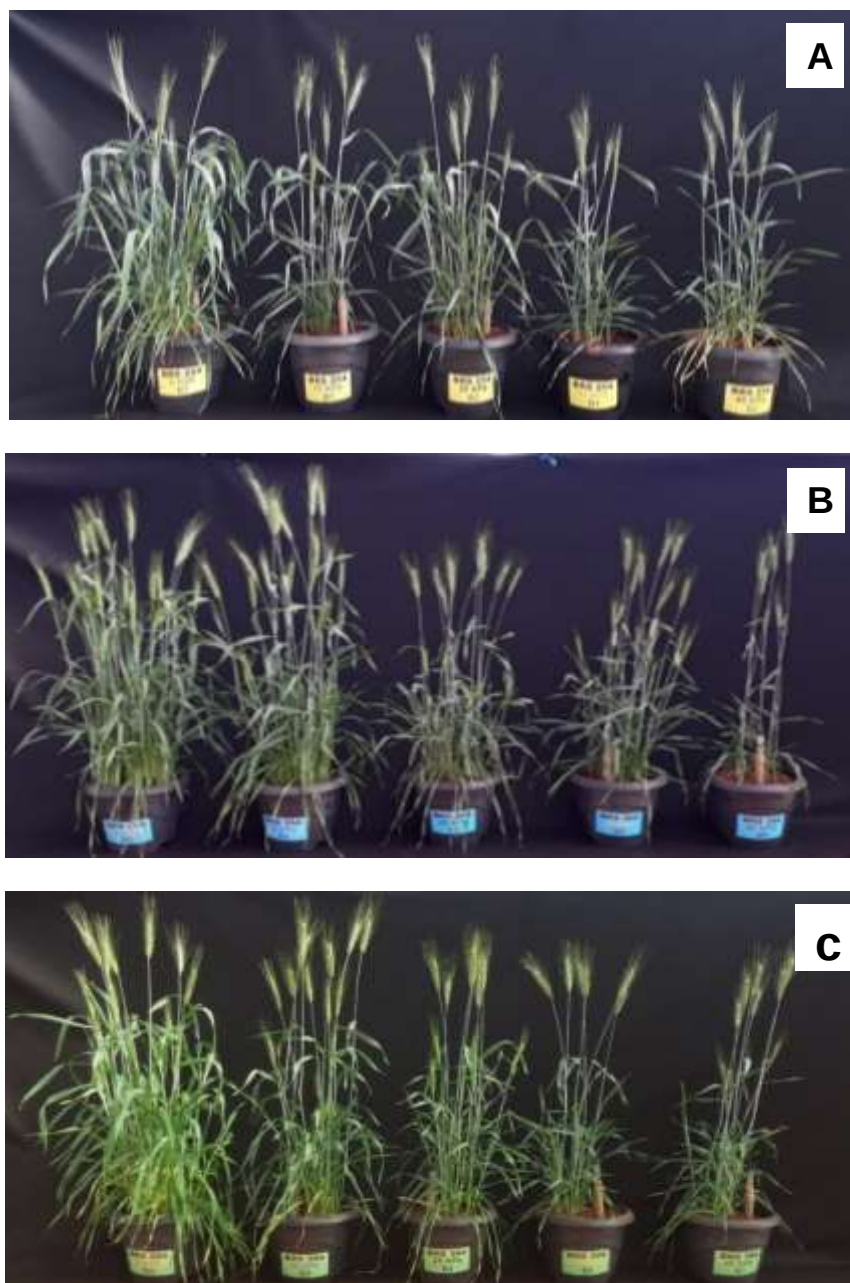


Figura 31 - Cultivares de trigo em fase de espigamento em cinco tensões de água no solo. (A) BRS 394 (B) BRS 254 e (C) BRS 264.

Para o número de espigas aos 60 (DAE), houve ajuste ao modelo de linear de regressão, com um comportamento decrescente, havendo uma redução de 60% no número de espigas quando comparado, o tratamento com maior (5 KPa) e a menor (45 kPa) disponibilidade hídrica (Figura 32).

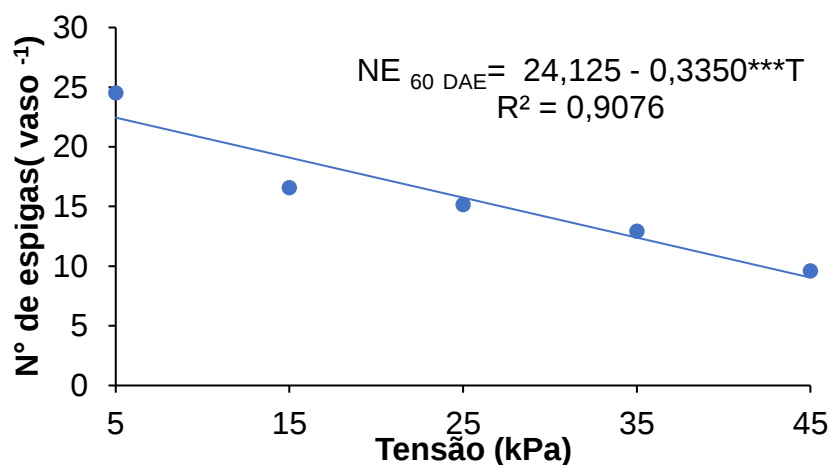


Figura 32 - Número de espigas das plantas de trigo estudadas sob tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

Aos 75 DAE, o número de espigas das plantas de trigo, apresentaram interação significativa entre as tensões de água no solo e as cultivares estudadas.

Podemos observar que, as cultivares estudadas apresentaram redução no número de espigas conforme aumentou a restrição hídrica (Tabela 7).

A cultivar BRS 394 e 264 destacaram-se apresentando os maiores números de espigas (20 e 22,75) na tensão 15 kPa e (16,25 e 14,50) na tensão 35 kPa. Na maior restrição hídrica (45 kPa) a cultivar BRS 394 demonstrou maior tolerância ao estresse, produzindo o maior número de espigas (12,75 vaso⁻¹).

Tabela 7 Número de espigas das cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo.

Tensões (kPa)	Número de espigas (vaso ⁻¹)		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	26,75 b	28,50 b	29,00 b
15	17,75 b	20,00 a	22,75 a
25	15,50 b	15,50 b	18,50 b
35	10,25 b	16,25 a	14,50 a
45	8,00 b	12,75 a	11,50 ab
CV %	12,74		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

As tensões de água no solo e as cultivares estudadas influenciaram o número de espigas, ajustando-se ao modelo de regressão linear decrescente (Figura 32).

Todas as cultivares apresentaram redução no número de espigas, conforme aumentavam-se as tensões de água no solo. A cultivar BRS 394 destacou-se apresentando a menor redução (54,88%) no número de espigas comparando a menor (5 kPa) e a maior (45 kPa) tensão em que as cultivares foram submetidas. Já as cultivares BRS 264 e 254 apresentaram maiores reduções nos números de espigas (61,92 e 72,11%), quando comparados os intervalos experimentais 5 e 45 kPa.

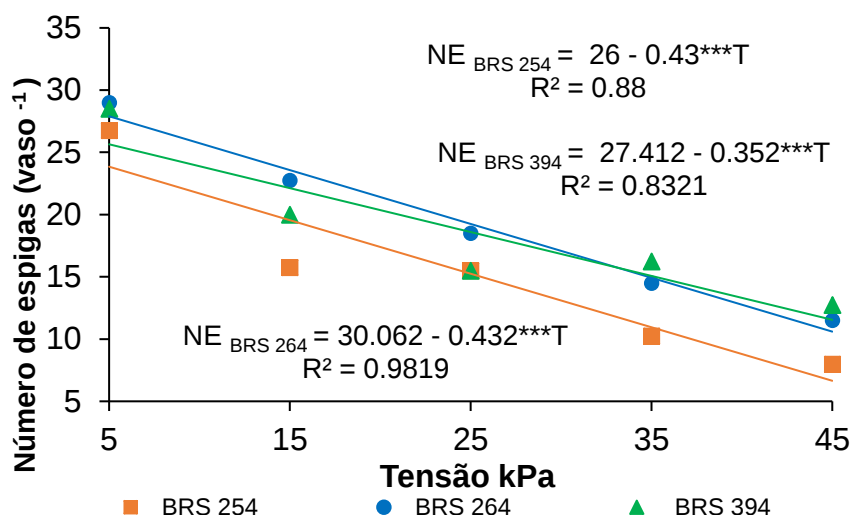


Figura 33 - Número de espigas das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. NE – número de espigas. T- tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

Batista, (2017), constatou em estudos com 11 genótipos de trigo indicadas para o cerrado e 5 disponibilidades hídricas (533, 438, 297, 202, 184 mm), que há uma queda gradativa do número de espigas em se comparando as maiores lâminas e as menores.

Em estudos dos efeitos do déficit hídrico no rendimento do trigo, observou-se um decréscimo no rendimento do trigo em 33%, nos tratamentos sob estresse hídrico severo. Pode-se observar que os períodos de iniciação da raiz permanente e a fase da antese, são os mais críticos para cultura do trigo, o déficit hídrico nesses períodos pode acarretar perdas consideráveis na produtividade (Rao, 2013).

7.0 Número de espiguetas

Para o número de espiguetas foi encontrada significância apenas para as tensões de água no solo, que se ajustou ao modelo de regressão linear decrescente, à medida que aumentavam-se as tensões de água no solo (Figura 34).

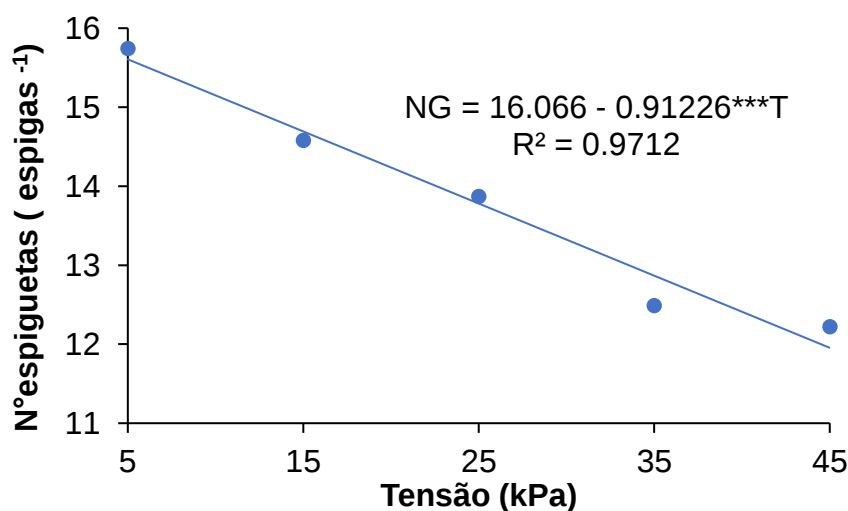


Figura 34 - Número de espiguetas das plantas de trigo submetidas a tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

Agami et al. (2018) estudando o desenvolvimento do trigo com e sem restrição hídrica e doses de nitrogênio, observou que o déficit hídrico afetou negativamente os componentes de rendimento do trigo, havendo uma redução de 70,69 % de espiguetas por espigas.

Xu et al. (2016) observou que a escassez de água prejudica a cultura do trigo, reduzindo a área foliar das plantas tendo como consequência a diminuição de componentes de produtividade como o número de espigas.

7.1 Número de grãos

Para o número de grãos, não houve efeito da interação, porém houve significância de forma isolada entre as tensões de água no solo e as cultivares em estudo (Figura 36).

As cultivares BRS 394 e 264 destacaram-se apresentando o maior número de grãos (606,95 e 685,70 vaso⁻¹) respectivamente (Figura 35).

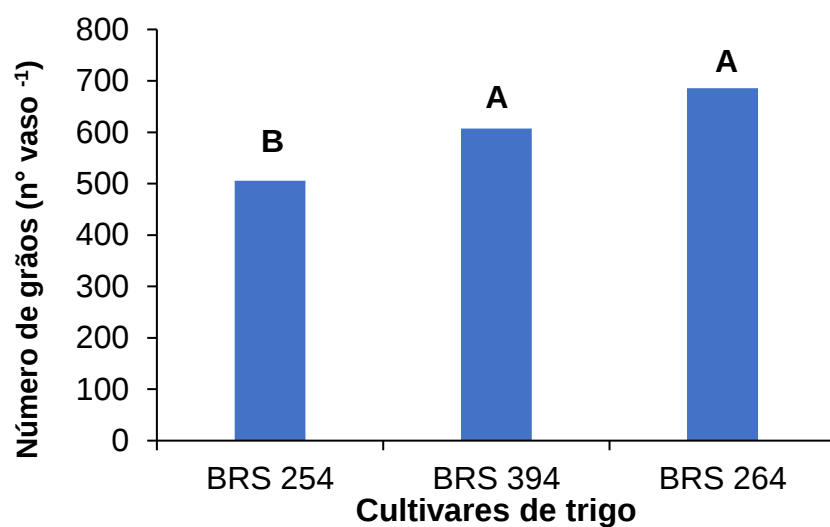


Figura 35 - Número de grãos das cultivares de trigo estudadas. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.

O número de grãos das plantas de trigo foi influenciado pelas tensões de água no solo, ajustando-se ao modelo de regressão linear. Desta forma, com o aumento das tensões de água no solo, houve uma redução de 72,97% no número de grãos quando comparado o tratamento com maior disponibilidade hídrica (5 kPa) e a menor (45 kPa) (Figura 37).

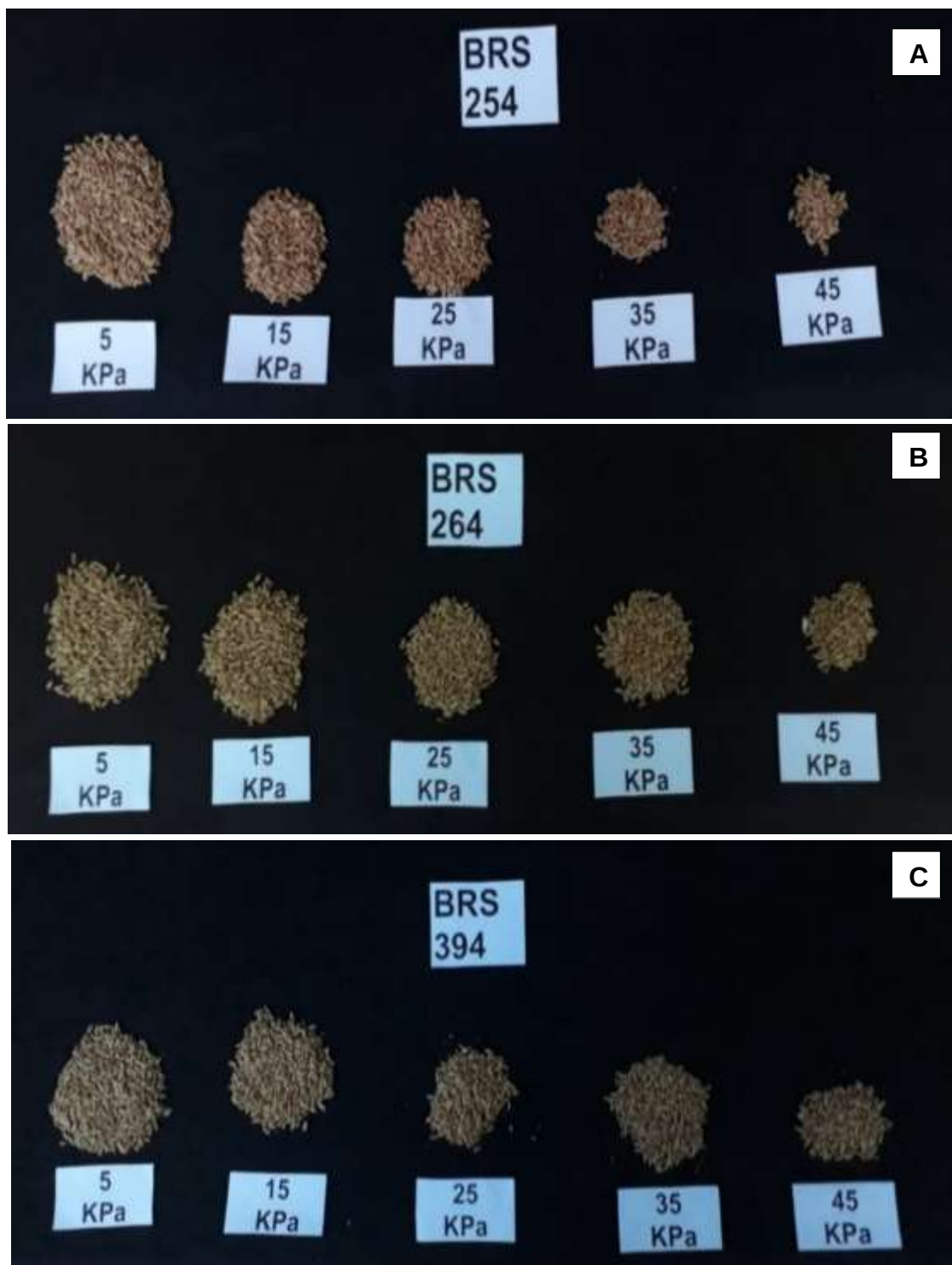


Figura 36 - Grãos de trigo das cultivares de trigo BRS 254 (A), BRS 264 (B), BRS 394 (C).

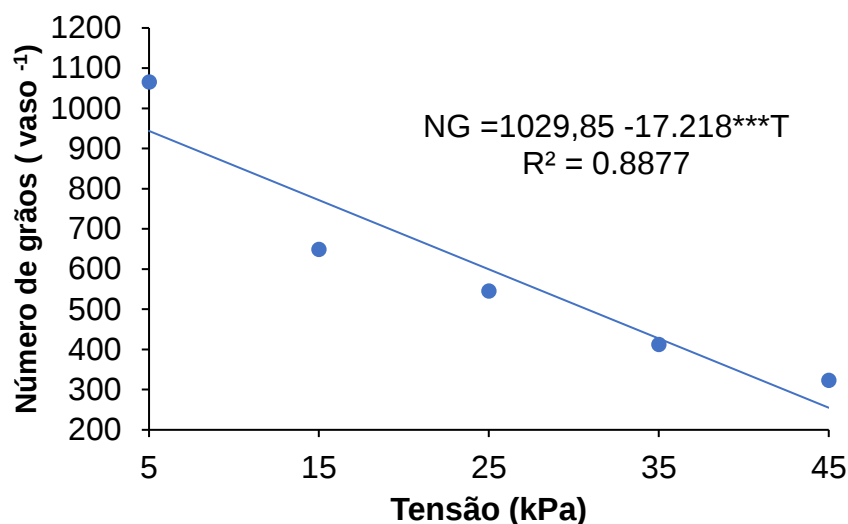


Figura 37 - Número de grãos das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

Raza et al. (2013) e Liu et al. (2016), afirmam que o estresse hídrico provoca a redução da absorção, transporte e distribuição dos nutrientes pelas plantas, provocando a redução do rendimento das plantas de trigo. Mardeh et al. (2006), estudando onze cultivares de trigo sob condições irrigadas e não irrigadas, observou redução severa no número de grãos em todas as cultivares estudadas quando não irrigadas.

Xu et al. (2016), em seus estudos com o cultivo de trigo sob restrições hídricas no norte da China, observou que a restrição hídrica no trigo provoca a diminuição da área foliar das plantas de trigo, acarretando menor quantidade de fotoassimilados para a formação dos grãos o que reflete na redução do número de grãos das plantas.

Wang et al. (2017), estudando acessos de triticum, encontrou o maior número de grãos dos acessos de trigo na maior disponibilidade hídrica e a redução gradativa, à medida que se aumentava o estresse hídrico, corroborando com os resultados obtido nesse estudo.

Farooq et al. (2014) relata que estresse hídrico na formação da espiga causa uma redução de rendimento do trigo de 1 a 30%, e na fase de floração e enchimento de grãos promove uma redução de 58-92%

A redução no número de grãos das plantas de trigo quando submetidas a restrições hídricas são concordantes com os obtidos por Ali (1999), Ozturk e Aydin (2004), Liu et al. (2016) e Agami et al. (2018).

7.2 Número de Grãos por Espigas

O Número de grãos por espigas foi influenciado tanto pelas cultivares quanto pelas tensões de água no solo, tendo significância para interação.

Todas as cultivares apresentaram redução no número de grãos por espigas conforme foi aumentando as tensões de água no solo (Tabela 8).

A cultivar BRS 264 apresentou maiores médias em todas as tensões, e se destacou nas tensões 15 e 25 kPa produzindo o maior número de grãos por espigas.

A cultivar BRS 254 obteve as menores médias de número de grãos por espigas, decrescendo gradualmente com o aumento das tensões. Na tensão 35 kPa apresentou a menor média (25,49) diferenciando estatisticamente das demais.

Tabela 8. Número de grãos por espigas em função das cultivares estudadas e das tensões de água no solo.

Tensões (kPa)	Número de grãos Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	36,36 b	37,34 b	38,42 b
15	31,77 b	34,44 ab	36,96 a
25	34,15 b	34,72 b	35,50 b
35	25,49 c	28,49 b	32,86 a
45	25,53 b	27,03 b	28,27 b
CV %	5,59		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

O número de grãos por espigas das cultivares de trigo (BRS 254, 264 e 394), dentro das tensões apresentaram ajustaram ao modelo linear de regressão, havendo redução com o aumento da restrição hídrica.

A cultivar BRS 264 teve destaque apresentando menor redução no número de grãos por espigas (24,84%), quando comparada as tensões 5 e 45 kPa, as cultivares BRS 254 e 394 apresentaram reduções de 27,47% e 31,28% no número de grãos por espiga respectivamente (Figura 38).

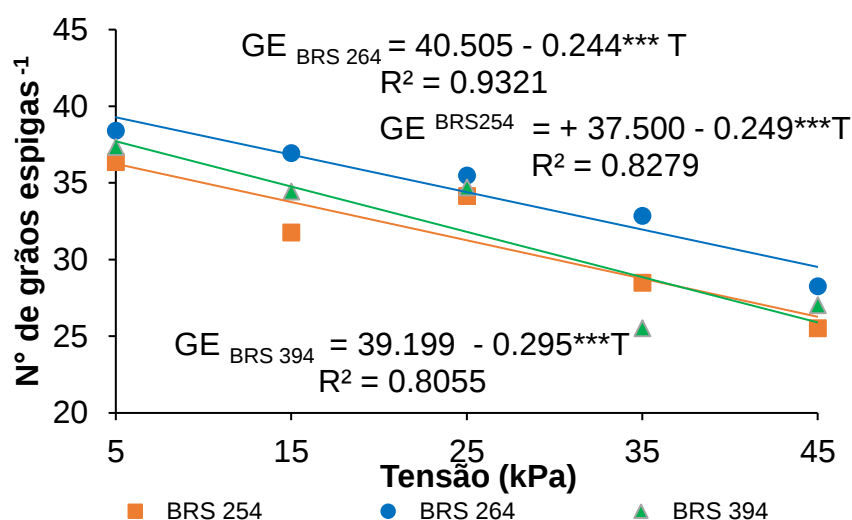


Figura 38 - Número de grãos das cultivares de trigo nas cinco tensões de água no solo. NGE-Número de grão por espigas.T- tensões de água no solo. *** significativo 0,1% de probabilidade.

Moayedi, et al. (2010), relatou que as restrições hídricas em seus estudos com trigo durum, influenciou negativamente as características de rendimento, impactando na formação da espiga. Além disso, de acordo com Agami et al. (2018), o déficit hídrico no trigo ocasionou a redução de todas as variáveis relacionada ao rendimento do trigo.

7.2 Grãos por espiguetas

O número de grãos foi influenciado pelas cultivares e pelas tensões de água no solo de forma isolada.

A cultivar BRS 264 destacou-se produzindo o maior número de grãos por espiguetas (2,71), diferenciando das demais cultivares estudadas (Figura39).

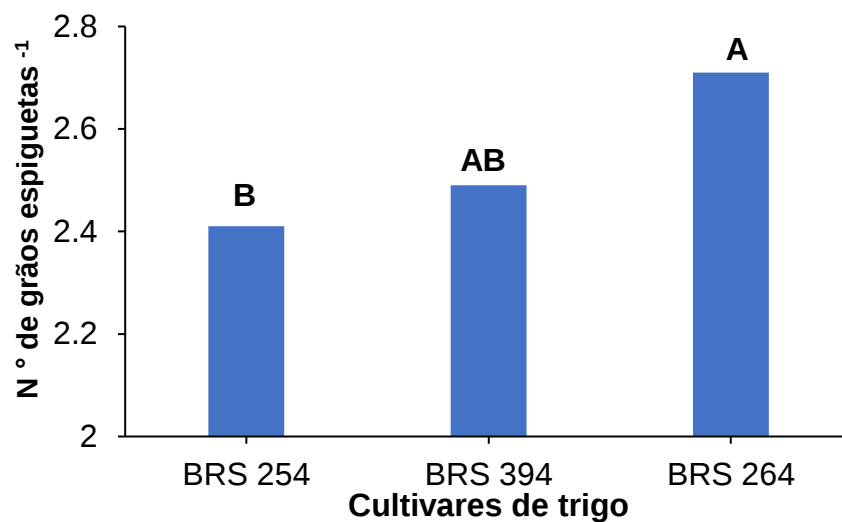


Figura 39 - Número de grãos das espiguetas das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5%.

O número de grãos das espiguetas das plantas de trigo, ajustaram-se ao modelo de regressão linear decrescente, apresentando decréscimo no número de grãos à medida que, aumentava -se as tensões de água no solo (Figura 40).

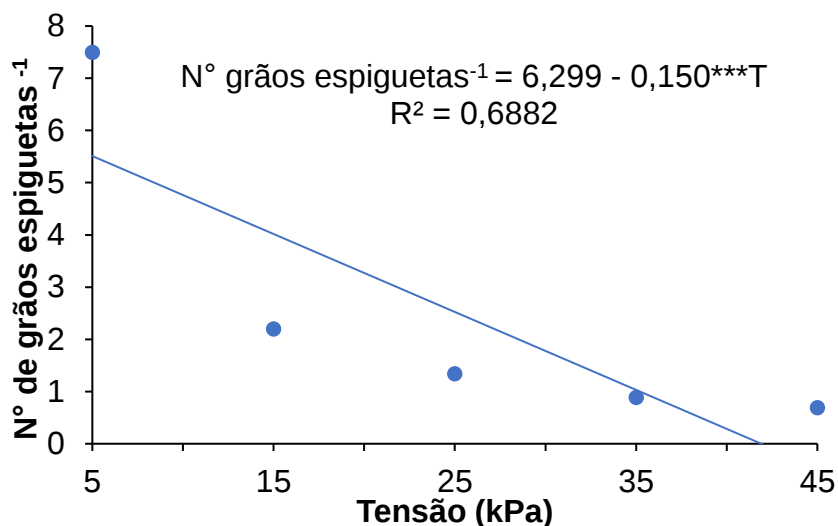


Figura 40 - Número de grãos das espiguetas das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

7.3 Massa seca de espigas

Avaliando a massa seca das espigas de trigo, não foi encontrada significância para a interação entre as cultivares de trigo e as tensões de água no solo, porém, houve significância isolada para ambos fatores.

A cultivar BRS 264 apresentou maior massa de espigas (30,6 g vaso⁻¹), apesar de não haver diferença estatística em relação a cultivar BRS 394, que produziu 29,08 g vaso⁻¹ de massa seca de espigas, destacando-se entre as cultivares estudadas. A cultivar BRS 254, apresentou a menor massa seca das espigas (25,45 g vaso⁻¹) (Figura 41).

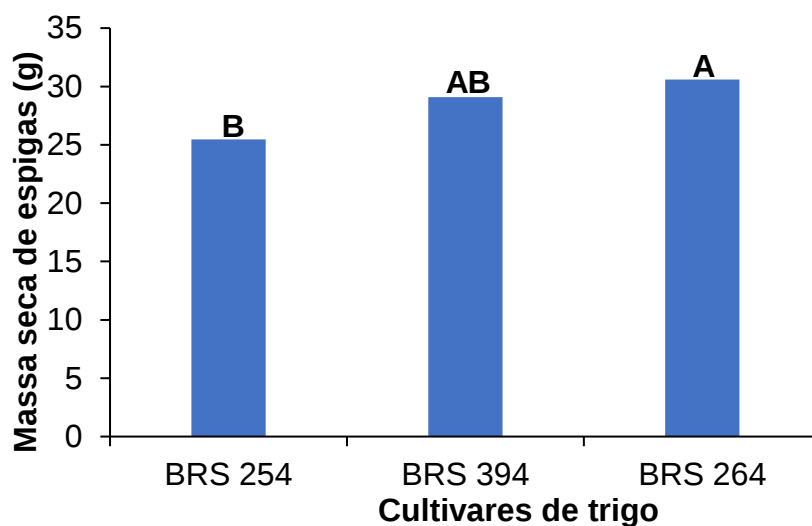


Figura 41 - Massa seca de espigas das cultivares de trigo. Colunas com letras iguais, não diferem entre si pelo teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.

Para as tensões de água no solo, a massa seca das espigas apresentou comportamento de regressão linear decrescente (Figura 42).

O comportamento da massa seca das plantas de trigo acompanhou o comportamento das demais variáveis relacionadas a produtividade, número de grãos, número de espigas que também apresentaram redução com o aumento da tensão de água no solo.

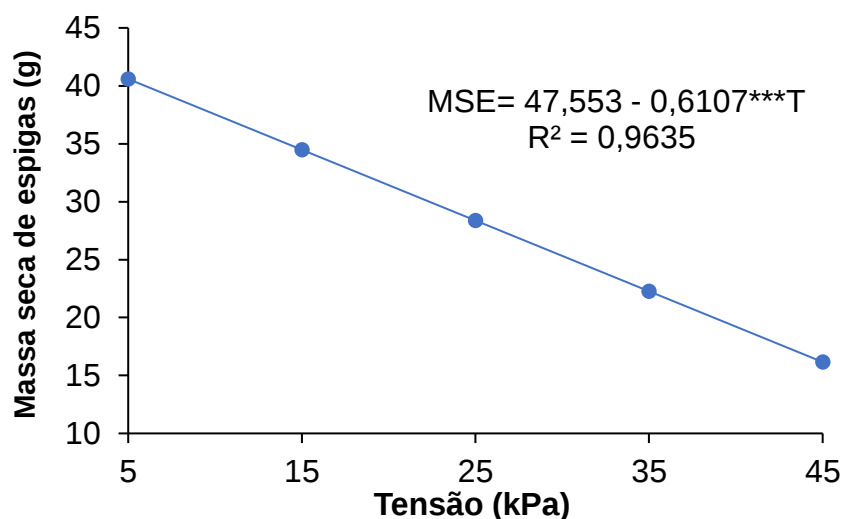


Figura 42 - Massa seca das espigas das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

Santos et al. (2012), estudando cultivares de trigo submetidos a déficit hídrico no início do florescimento, observaram redução de 18,23 % na massa seca das espigas de trigo sob restrições hídricas, quando comparados os tratamentos com e sem déficit hídrico.

O resultado obtido nesse estudo corrobora com o trabalho de Moayedi et al. (2010), que avaliaram genótipos de trigo durum sob estresse hídrico e verificaram que houve redução entre 58 e 94% da massa seca das espigas quando os genótipos foram submetidos a restrição hídrica.

7.4 Massa seca da parte aérea

A massa seca da parte aérea das plantas de trigo foi afetada significativamente pelas cultivares estudadas e pelas tensões de água no solo, havendo interação entre os fatores.

Para todas as cultivares estudadas, a massa seca da parte aérea decresceu à medida que se aumentaram as tensões de água no solo.

A cultivar BRS 254 apresentou a maior massa seca da parte aérea (78,99 g vaso⁻¹) na tensão 5 kPa diferenciando estatisticamente das cultivares BRS 394 e 264 que apresentaram as menores massa seca da parte aérea 68,64 e 70,58 (g vaso⁻¹) respectivamente. Entretanto, as cultivares BRS 394 e 264 destacaram-se, apresentando maior massa seca da parte aérea nas tensões 25 e 35 kPa, demonstrando uma maior resistência ao déficit hídrico (Tabela 9).

Tabela 9 Massa seca da parte aérea das cultivares de trigo sob tensões de água no solo.

Tensões (kPa)	Massa seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	78,99 a	68,64 b	70,58 b
15	42,08 b	54,10 a	52,83 a
25	38,30 b	38,03 b	39,56 b
35	24,28 b	29,43 a	37,02 a
45	23,28 b	24,57 b	23,08 b
CV %	10,7		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10%.

As cultivares ajustaram-se ao modelo de regressão linear decrescente, apresentando uma redução na massa seca da parte aérea conforme aumentaram-se as tensões de água no solo (Figura 43).

A cultivar BRS 264 apresentou a maior redução na massa seca da parte aérea (33,62%), quando comparado a menor (5 kPa) e maior (45 kPa) tensão de água no solo aplicado.

As cultivares BRS 394 e 254 apresentaram menor redução na massa seca da parte aérea (19,85 e 19,4%) respectivamente, dentro do intervalo experimental.

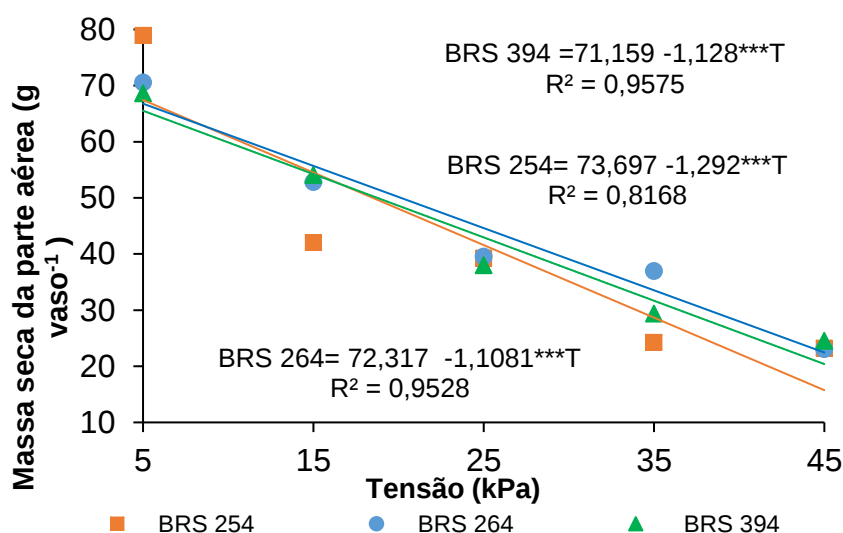


Figura 43 - Massa seca da parte aérea das plantas de trigo em função das tensões de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.

Ávila et al. (2007) relataram que o estresse hídrico acarreta a diminuição da velocidade das reações no metabolismo vegetal, que reduz o acúmulo da biomassa das plantas.

Thapa et al. (2018) estudando três cultivares de trigo sob regimes hídricos encontraram reduções entre 45 e 58% da massa seca da parte aérea, quando comparados os tratamentos com e sem restrição hídrica.

7.4 Massa seca total

Para a massa seca total das cultivares de trigo, verificou-se significância isolada, apenas para as tensões de água no solo, ajustando-se ao modelo de regressão linear decrescente, demonstrando uma diminuição de 32% de massa seca total quando comparado a tensão de 5 e 45 kPa. (Figura 44).

A redução da massa seca das plantas submetidas a déficit hídrico pode ser atribuída a diminuição das atividades meristemáticas que inibe a divisão celular reduzindo a produção de massa seca (Agami et al., 2018).

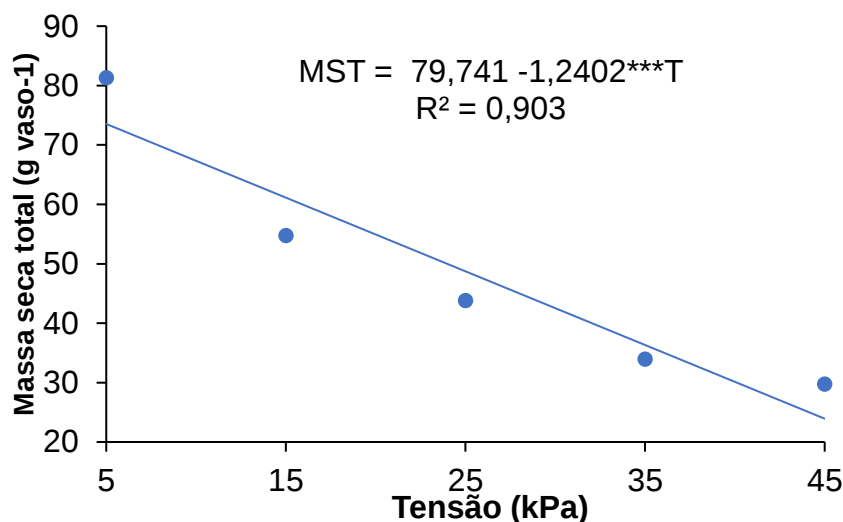


Figura 44 - Massa seca total das plantas de trigo sob tensões de água no solo.
*** significativo a 0,1 % de probabilidade.

A redução da massa seca total das plantas de trigo observado nesse estudo, pode ser explicada pelos danos que o estresse hídrico causa nas plantas, reduzindo a atividade fotossintética que impacta na produção de carbono.

Em estudo realizado na China por Ali et al. (2017), foi observada redução significativa da biomassa total do trigo de inverno sob irrigação deficitária, havendo incremento de 14% na biomassa produzida pela irrigação satisfatória de água comparada com a irrigação deficitária.

A redução da massa seca total das plantas de trigo com a redução da disponibilidade hídrica foi observada também por Santo et al. (2012), que observou uma redução de 28,24% na massa seca total das plantas de trigo quando comparado os tratamentos com e sem irrigação (Gaju et al., 2016).

7.5 Volume de raízes

O volume de raízes das cultivares de trigo foi influenciado apenas pelas tensões de forma isolada (Figura 45), ajustando-se ao modelo de regressão

Linear. À medida que aumentavam as tensões de água no solo diminuía o volume de raízes, apresentando uma redução de volume de raízes (Figura 46).

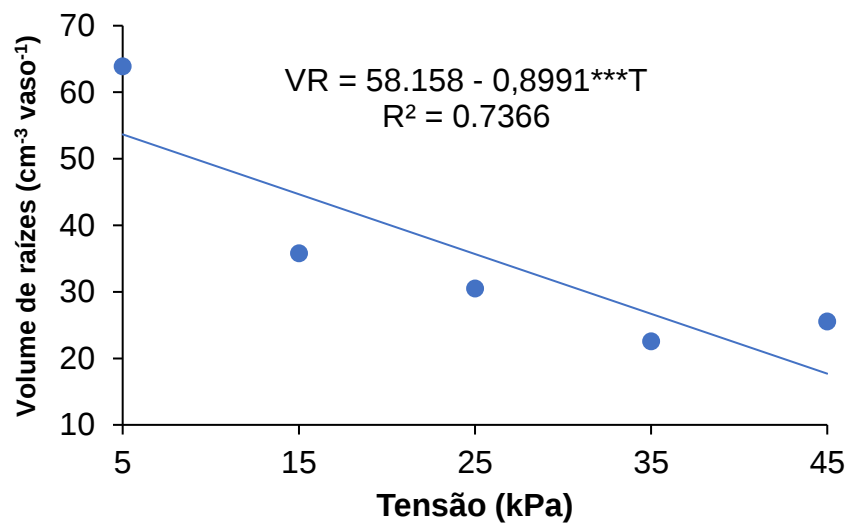


Figura 45 - Volume de raízes do trigo sob cinco disponibilidades hídricas. VR- volume de raízes. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 01 % de probabilidade.

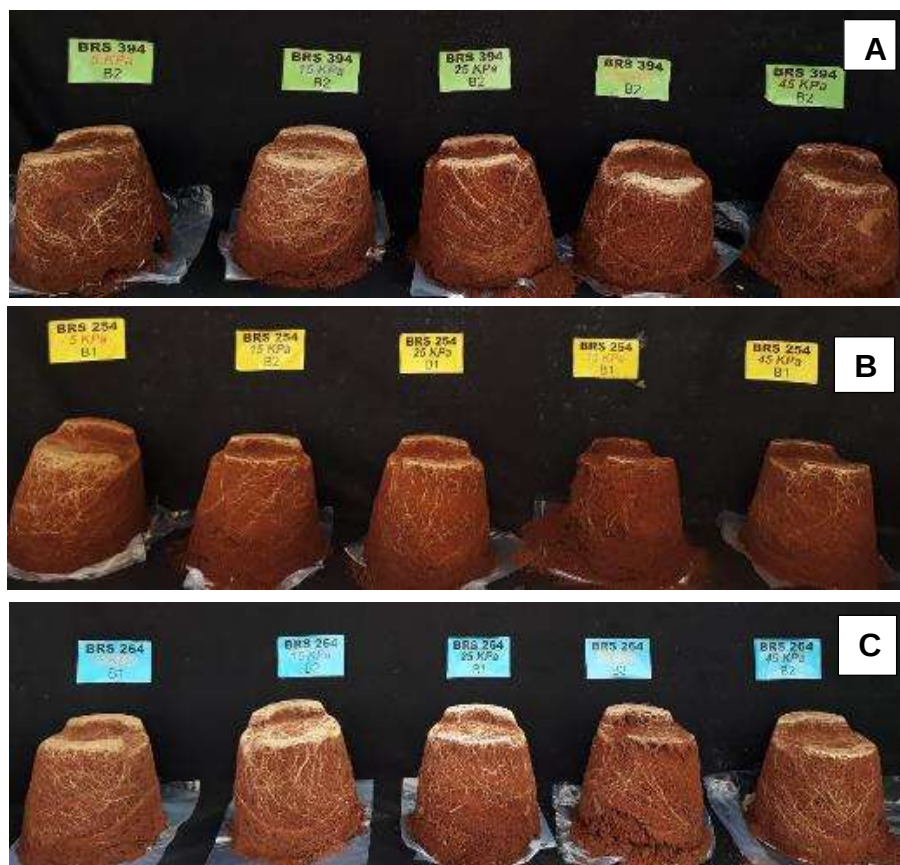


Figura 46 - Raízes das três cultivares de trigo submetidas às tensões de água no solo. BRS 394 (A), BRS 254 (B), BRS 264(C).

As raízes das plantas são responsáveis pela sustentação da arquitetura das plantas, mas a função principal que elas exercem, está relacionada à absorção de nutrientes e água, para o desenvolvimento das culturas, desempenhando importante papel no sistema solo-planta (Marchand et al., 2006; Zhang et al., 2009).

Conhecer as características do sistema radicular das culturas é essencial, para o manejo de forma adequada o cultivo em ambientes com restrições hídricas (Feng et al., 2017).

Feng et al. (2017) verificaram que o estresse hídrico provoca a redução do crescimento das raízes de trigo, sua distribuição no solo e o comprimento das raízes, diminuindo a área de exploração do solo, na busca de água e nutrientes.

Marchand et al. (2006), em estudos do trigo na Austrália, observaram que a cada milímetro de água absorvida pelas raízes no período de enchimento de

grãos, houve um aumento de 55 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos, destacando a importância das raízes das plantas de trigo para o sucesso produtivo.

Santos et al. (2012) encontraram resultados semelhantes a esse estudo, apresentando um volume de 38,46 cm³ de raiz das plantas de trigo, em plantas submetidas a estresse hídrico.

7.6 Massa seca de raízes

A massa seca das raízes foi afetada pelas tensões de água no solo e pelas cultivares estudadas, havendo interação significativa entre os tratamentos testados.

A cultivar BRS 264 destacou-se dentro da tensão 5 kPa, apresentando a maior massa seca de raiz (19,92 g vaso⁻¹), diferenciando estatisticamente das demais cultivares dentro dessa tensão. Não houve diferença estatística para as cultivares nas demais tensões estudadas (15, 25, 35 e 45 kPa), porém observamos uma redução progressiva na massa seca das raízes com o aumento das tensões de água no solo (Tabela 10).

Tabela 10. Massa seca de raízes das cultivares de trigo em função das tensões de água no solo.

Tensões (kPa)	Massa seca de raízes (g)		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	19,92 a	11,92 b	10,25 b
15	8,10 b	7,02 b	8,42 b
25	6,20 b	4,70 b	8,10 b
35	5,65 b	5,60 b	5,00 b
45	4,22 b	5,50 b	5,75 b
CV %	28,76		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

A cultivar BRS 254 e 264, ajustaram-se ao modelo de regressão linear decrescente. Houve redução na massa seca das raízes para ambas cultivares, porém, a cultivar BRS 254 apresentou maior redução (86,9%) na massa seca de raízes, enquanto a cultivar BRS 264 apresentou redução de 51% na massa seca de raízes quando comparada a maior (45 kPa) e a menor (5 kPa) tensão de água no solo (Figura 43).

A cultivar BRS 394 ajustou-se ao modelo de regressão quadrática, apresentando a menor massa seca de raiz (4,41 g vaso⁻¹), na tensão de 33,33 kPa.

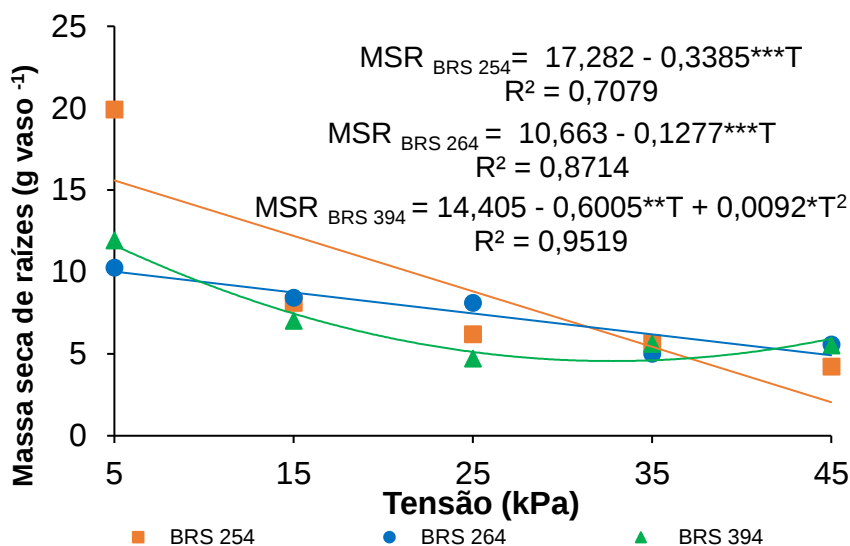


Figura 47 - Massa seca de raízes das cultivares de trigo sob tensões de água no solo. *** ** * significativo a 0,1; 1 e 5 % de probabilidade.

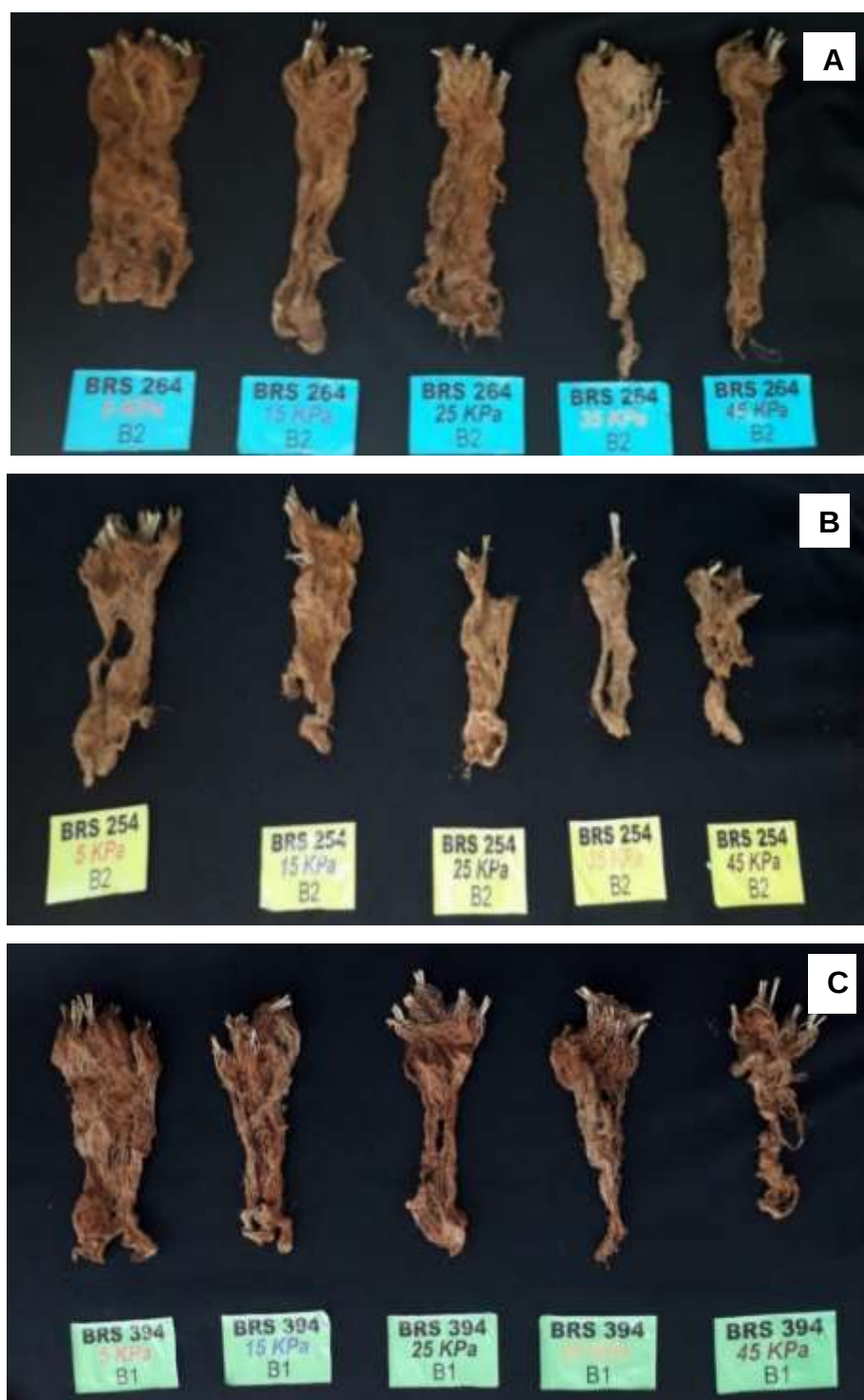


Figura 48 - Raízes de plantas de trigo cultivares BRS 264 (A), BRS 254 (B), BRS 394 (C), submetidas a tensões de água no solo.

A quantidade água no solo influencia o crescimento das raízes, consequentemente a distribuição e a profundidade das raízes do solo, portanto,

o estresse hídrico reduzirá o comprimento e a densidade das raízes (Li et al., 2010).

A restrição do crescimento das raízes por consequência do déficit hídrico causa consequências negativas em todas características morfológicas e fisiológicas das plantas, pois as raízes são responsáveis pela aquisição de nutrientes e água, para o desenvolvimento das plantas (Wang et al., 2014; Liu et al., 2017).

Agami et al. (2018), obteve redução de 55,56% na massa seca de raízes, das plantas submetidas ao estresse hídrico.

Feng et al. (2017) estudando a distribuição vertical das raízes de trigo submetidos a restrição hídrica, observou uma redução significativa na massa seca das raízes com a restrição hídrica imposta aos tratamentos estudados.

7.7 Dias entre emergência e espigamento

Na avaliação dos dias entre a emergência e o espigamento das plantas de trigo, não houve interação significativa entre as tensões de água no solo e as cultivares estudadas, porém, houve significância isolada para as tensões de água no solo (Figura 49).

As tensões de água no solo influenciaram negativamente o período compreendido entre a emergência e o espigamento das plantas de trigo, ajustando-se ao modelo de regressão linear decrescente, apresentando uma redução gradual a restrição hídrica imposta nos tratamentos (5,15, 25, 35 e 45 kPa).

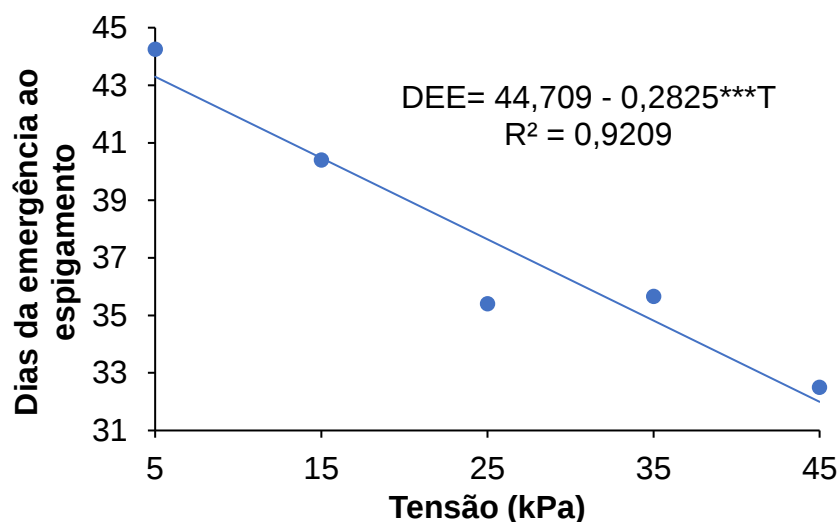


Figura 49 - Dias entre a emergência e o espigamento das plantas de trigo submetidas a tensões de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.

As plantas submetidas a estresse hídrico desenvolvem mecanismos de defesa contra a desidratação que envolvem vários ajustes no seu metabólicos. O fechamento dos estômatos, sob baixo potencial hídrico é um dos mecanismos realizado pelas plantas para evitar a perda de água, reduzindo a fotossíntese, impactando diretamente todo o desenvolvimento das plantas (Taiz e Zeiger, 2010).

Uddin et al. (2018) e Raza et al. (2013) afirma que sob restrição hídrica, as plantas têm sua capacidade de absorção de nutrientes limitada, o que consequentemente impacta negativamente no seu desenvolvimento, havendo redução das folhas, perfilhos, espigas e encurtamento dos estágios de desenvolvimento, que reduzem o acúmulo de biomassa limitando o rendimento das culturas, como observado nesse estudo.

7.8 Dias entre emergência e florescimento

A significância isolada para as tensões de água no solo foi encontrada na variável dias entre a emergência e o florescimento, ajustando-se ao modelo de regressão linear decrescente.

A restrição hídrica a qual as plantas de trigo foram submetidas, influenciaram negativamente o período entre a emergência e o florescimento das plantas de trigo, reduzindo em 14 dias essa fase, quando comparado a menor (5 kPa) e maior tensão (45 kPa) estudadas (Figura 50).

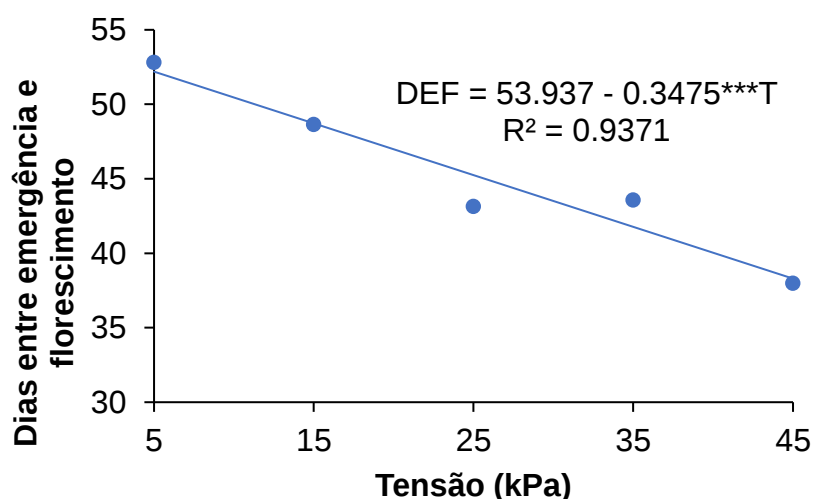


Figura 50 - Dias entre a emergência e o florescimento das plantas de trigo submetidas a disponibilidades hídricas. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.

O estresse hídrico na fase entre a emergência e o florescimento causa alterações negativas que comprometem a viabilidade e a germinação do pólen (Uddin et al.2018).

Khan et al. (2012) relata que o florescimento precoce está relacionado com a limitação dos processos metabólicos ocasionados pelo estresse hídrico, que restringe a habilidade das plantas em utilizarem os recursos disponíveis.

7.9 Dias entre emergência e maturação

Avaliando os dias entre a emergência e a maturação das plantas de trigo, foi encontrada interação significativa entre as cultivares estudadas e as tensões de água no solo.

A cultivar BRS 264 destacou-se na tensão kPa com a maior duração entre a emergência e a maturação (79 dias), diferenciando estatisticamente das cultivares BRS 394 e 254, que apresentaram maior redução do ciclo (78,2 e 78 dias), respectivamente (tabela 11).

Todas as cultivares estudadas apresentaram gradual redução do ciclo, com o aumento das tensões de água no solo, contudo, houve destaque para a cultivar BRS 254, que quando submetida as maiores tensões (35 e 45 kPa), apresentaram menor redução do ciclo, mostrando-se mais resistente ao estresse sofrido (Figura 51)

A cultivar BRS 394 demonstrou maior sensibilidade ao estresse hídrico nas tensões de 35 e 45 kPa, apresentando as maiores reduções dos dias entre emergência a maturação (67 e 65 dias), respectivamente.

Tabela 11. Dias que compreendem entre a emergência e a maturação das cultivares de trigo submetidas a cinco tensões de água no solo.

Tensões (kPa)	Dias entre emergência e maturação		
	Cultivares de trigo		
	BRS 254	BRS 394	BRS 264
5	78,0b	78,2 b	79,5 a
15	77,0 b	76,0 b	77,0 b
25	74,7 b	74,0 b	75,0 b
35	75,0 a	67,7 c	72,5 b
45	70,5 a	65,7 c	67,5 b
CV %	0,83		

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a %. 5 de probabilidade.



Figura 51 - Cultivares de trigo (BRS 394, 254 e 264) submetidos ao déficit hídrico em casa de vegetação em aos 6 (A), 25 (B), 45 (C), 71 (D) e 86 dias após a emergência das plantas de trigo (D).

Avaliando os dias entre a emergência e a maturação das cultivares de trigo em função das tensões de água no solo, observa-se ajuste ao modelo de regressão linear em todas cultivares, apresentando um comportamento decrescente (Figura 52).

A cultivar BRS 264, 394 e 254 apresentaram reduções de 13.3, 11.4 e 6.8 dias quando comparado os dias entre a emergência e a maturação sob tensão de 5 kPa e 45 kPa, demonstrando que o aumento das tensões teve menos influência na redução do ciclo da cultivar BRS 254.

Todas cultivares apresentaram redução do ciclo entre a emergência e a maturação, com o aumento das tensões de água no solo.

A maior redução ocorrida no ciclo das plantas de trigo entre emergência e a maturação foi observado para a cultivar BRS 394 que reduziu 13 dias no ciclo, quando comparado a menor tensão (5 kPa) e a maior tensão (45 kPa).

A cultivar BRS 264 apresentou redução de 11 dias no ciclo (emergência a maturação), e a cultivar BRS 254 apresentou a menor redução (7 dias) no ciclo, demonstrando, maior resistência a restrição hídrica.

Ihsan et al. (2018) afirma que quando os genótipos de trigo retardam a senescência, há mais acumulação de carboidratos, aumentando o período de enchimento de grãos e a resistência das plantas ao estresse.

As cultivares estudadas dentro das tensões apresentaram comportamento de linear de regressão, havendo reduções graduais, no seu ciclo com o aumento das restrições hídricas.

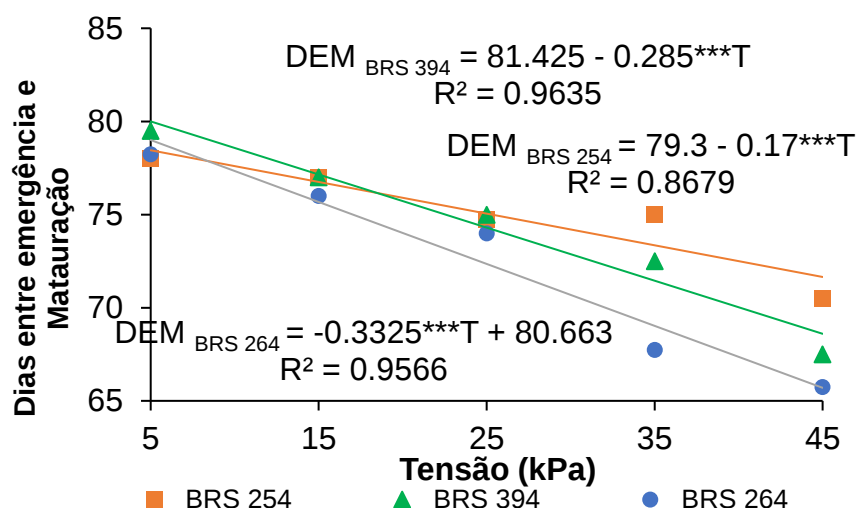


Figura 52 - Dias entre emergência e a maturação das cultivares de trigo sob tensões de água no solo. DEM- Dias entre a emergência e a maturação. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

O enchimento dos grãos acontece, quando os assimilados presentes no caule, nas folhas e espigas das plantas são translocados para os grãos. A redução do ciclo das plantas sob restrição hídrica, reduz a duração do enchimento de grãos refletindo negativamente no rendimento do trigo.

Barnabás et al. (2008) afirma que em resposta a restrição hídrica severa, para garantir a sua sobrevivência as plantas reduzem a suas fases de desenvolvimento completando todo seu ciclo em curto período.

Uddin, et al. (2008) estudando quatro cultivares de trigo com diferentes disponibilidades hídricas (100, 75 e 50% capacidade de campo), encontrou redução de 72% no ciclo das plantas de trigo com restrição hídrica de 50% CC.

Abhinadan et al. (2018) ressalta que o estresse hídrico após a antese tem impacto mais severo no enchimento de grãos, que leva a diminuição na fase de enchimento de grãos.

7.10 Consumo de água

Não houve interação significativa entre as tensões de água no solo e as cultivares de trigo para o consumo de água, entretanto, houve significância para ambos fatores de forma isolada.

A cultivar BRS 264 apresentou maior consumo de água ($14,3 \text{ L planta}^{-1}$), diferenciando estatisticamente das demais cultivares (Figura 53).

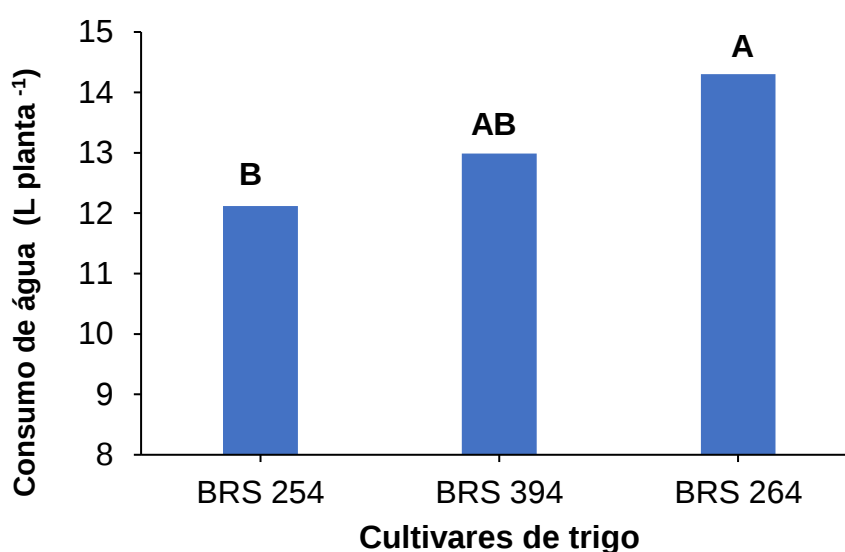


Figura 53 - Consumo de água das cultivares de trigo. EUA- Eficiência no uso da água. T- Tensão de água no solo. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

O maior consumo de água pelo trigo foi observado na cultivar BRS 264, a qual, apresentou maior produção de folhas e maior número de grãos. O maior número de folhas requer maior demanda transpirativa, pela maior área foliar. Pimentel et al. (2004) afirmaram que a transpiração e a taxa fotossintética é aumentada em plantas com grande área foliar.

Zhang e Oweis et al. (1999) encontraram maior rendimento de grãos nas maiores lâminas de irrigação (680 mm) para o pão de trigo e (750 mm) de água para o trigo duro, apresentando $6,42$ e $6,65 \text{ t ha}^{-1}$, concordante com esse

estudo que a cultivar com maior consumo de água foi também a com maior produção de grãos.

O consumo de água foi reduzido com o aumento das restrições hídricas ajustando-se ao modelo de regressão linear (Figura 54).

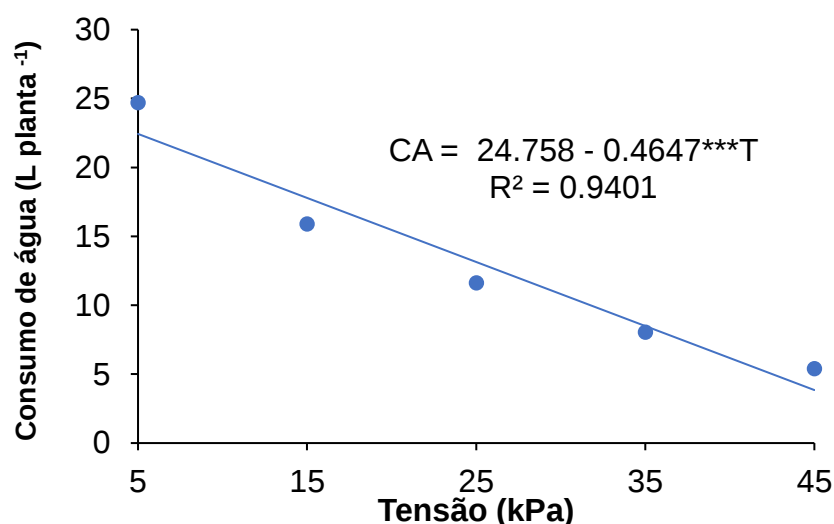


Figura 54 - Consumo de água em função das disponibilidades hídricas. CA- Consumo de água. T – Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

O maior consumo de água coincide com a maior disponibilidade hídrica, que refletiu nas maiores componentes de rendimento, número de espigas e espiguetas e número de grãos. Esses resultados demonstram a importância de aplicar uma quantidade de água adequada, que supra as necessidades da cultura. Isso potencializará a produtividade da cultura do trigo.

7.11 Eficiência no uso da água

Não foi observada interação significativa entre as tensões de água no solo e as cultivares de trigo, contudo, houve significância isolada para as tensões de água no solo (Figura 55).

As tensões ajustaram-se ao modelo de regressão linear, observando-se um aumento gradual da eficiência do uso da água à medida que aumentavam-se as tensões de água no solo. A tensão 45 kPa proporcionou a maior eficiência no uso da água ($5,32 \text{ gdm}^{-3}$), proporcionando um acréscimo de 42,83%, quando comparada com a menor tensão (5kPa) que apresentou uma eficiência de $3,041 \text{ gdm}^{-3}$.

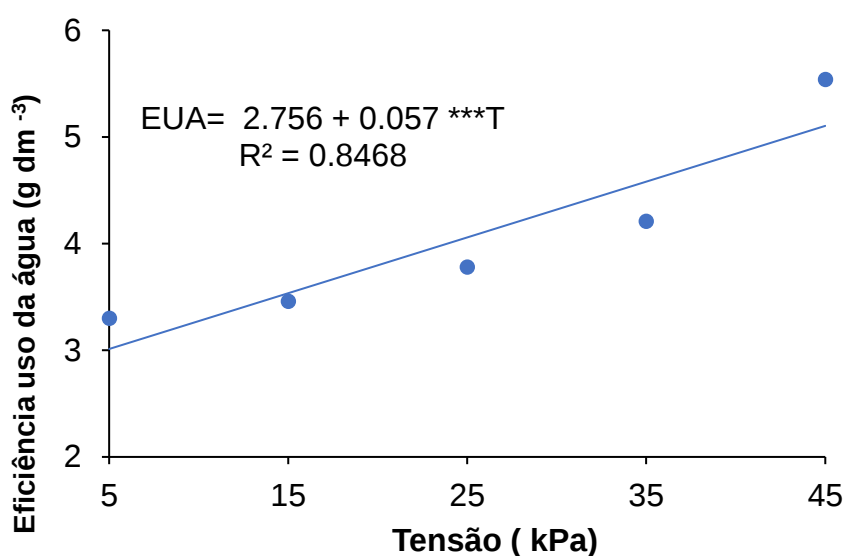


Figura 55 - Eficiência no uso da água sob tensões de água no solo. EUA- Eficiência no uso da água. T- Tensão de água no solo. *** significativo a 0,1 % de probabilidade.

A eficiência no uso da água é uma variável de extrema importância para a produção das culturas pois, correlaciona a produção fotossintética das culturas com a água consumida. Xu et al. (2016) relataram que a eficiência no uso da água tende a aumentar quando as plantas estão bem irrigadas, reduzindo os efeitos provocados pelo estresse, porém, quando as culturas são submetidas a estresse severo, há redução na eficiência no uso da água, resultados por ele encontrado, em estudo do trigo sob restrições hídricas severas.

Ali et al. (2007), estudando o cultivo do trigo sobre estresse hídrico e gerenciamento das irrigações para melhor eficiência da água, encontrou resultados concordantes a esse estudo, em que, o aumento da restrição hídrica

favoreceu a redução da eficiência no uso da água, pela diminuição do desenvolvimento das plantas sobre estresse severo.

Thapa et al. (2018) observaram redução na eficiência no uso da água em plantas de trigo com o aumento do estresse hídrico.

CONCLUSÕES

As tensões de água no solo influenciam as características fitométricas e produtivas das cultivares de trigo no Cerrado Matogrossense.

O aumento das tensões de água no solo influenciou negativamente as plantas de trigo, havendo reduções nas características fitométricas, nutricional e produtivas do trigo, à medida que as tensões de água no solo aumentavam.

A cultivar BRS 264 destacou-se, apresentando maior número de folhas, altura, SPAD das folhas +1 e +2, comprimento do pedúnculo, número de espigas, número de grãos, grãos por espiguetas e massa seca de espigas.

A cultivar BRS 394 apresentou maior comprimento da folha bandeira, altura, número de espigas, número de grãos e maior eficiência no uso da água.

A cultivar BRS 254 mostrou-se mais sensível às restrições hídricas a qual foi submetida, apresentando reduções na maioria das características fitométricas, e produtivas estudadas.

REFERÊNCIAS

ABHINADAN, K.; SHORI, L.; STANIC, M.; HICKERSON, N. M. N.; JAMSHED, M.; SAMUEL, M.A.; abiotic stress signaling in wheat na inclusive overview of hormonal interactions during abiotic stress responses in wheat. **Frontiers in plant science**, 2018.

ABITRIGO. 2016. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. Estatísticas. Available from: **Do grão ao pão. Farinha de trigo: história da moagem no Brasil** http://www.abitrigo.com.br/cloud/Livro_ABITRIGO.pdf. Acesso em 11 agost,2018. Editora Origem. São Paulo- SP.

AGAMI, R.A., ALAMRI, S.A.M., ABD EL-MAGEED, T.A., ABOUSEKKEN, M.S.M., HASHEM, M. Role of exogenous nitrogen supply in alleviating the deficit irrigation stress in wheat plants. **Agricultural Water Management**, Volume 210, Issue undefined, 30 November 2018.

ALBRECHT , J. C.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. M. V.; SHEREN, P. L.; TRINDADE, M. G.; SOBRINHO, J. S.; CANTIDIO, N. A. S.; BRAZ, J. B. P.; JÚNIOR, W. Q. R.; SOUSA, M. A.; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 264: cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o Cerrado do Brasil Central**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados., 2006.21p.

ALBRECHT, J. C.; SILVA, M S.; ANDRADE, J. M. V.; SCHEEREN, P. L.; SOBRINHO, J. S.; CANOVAS, A.; SOUSA C. N.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; TRINDADE, M. G.; SOUSA, M. A.; FRONZA, V.; BRAZ, A. J. B. P.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 254 - Trigo melhorador: cultivar com alta qualidade industrial para a região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, 19 p.

ALBRECHT, J. C.; SOARES, J S.; SÓ E SILVA, M.; CHAGAS, J. H.; CAIERÃO, E.; SCHEEREN, P. L.; EICHELBERGER, M.Z.; ANDRADE, S. R. M.; SUSSEL, A. A.; DIANESE, A. C.; CASTRO, R. C.; FRONZA, V.; MORESCO, E. R. **Trigo BRS 394 - Nova cultivar para o Cerrado**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2016, 5 p.

ALI, S., XU, Y., MA, X., AHMAD, I., KAMRAN, M., DONG, Z., CAI, T., JIA, Q., REN, X., ZHANG, P., ... JIA, Z. (2017). Planting Patterns and Deficit Irrigation Strategies to Improve Wheat Production and Water Use Efficiency under Simulated Rainfall Conditions. **Frontiers in Plant Science** ,8 , 1408. doi: 10.3389 / fpls.2017.01408

ALI, M. H.; KHAIR, A. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. **Agricultural water Management**, v 92, pg 151-161, 2007.

ALMEIDA, A.S.; ARAÚJO, F. S.; SOUZA, G. S. Determinação da curva parcial de retenção de água de um Latossolo vermelho por tensiometria. **Scientia Plena**, Aracajú, v.6, n.9, p. 1-5, 2010.

AZEVEDO, J.A.; SILVA, E.M.; **Tensiometro**: Dispositivo para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001).

BACALTCHUK, B.; SILVA, H. R. C. **Nasce uma nova era...O trigo recupera sua nobreza**. Passo Fundo :Embrapa Trigo, 2001.

BACKES, C.; VILLAS BOAS, L. ROBERTO.; LIMA, P. C.; GODOY.; ALESSANDRO, L. T. B. Leaf nitrogen nutritional status of Zoysia grass evaluated by nitrogen concentration, chlorophyll meter and digital image, in sewage sludge fertilized areas. **Bragantia**, v.69, n.3, p.661-668, 2010. Available from: <Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300018> >. Accessed: Sept. 16, 2012. doi: 10.1590/S0006-87052010000300018.

BARNABÁS, B.; JÄGER, K.; FEHÉR, U. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. **Plant Cell Environ**. Plant Cell Environ. 2008

BATISTA, F. P. S. **Potencial de tolerância à seca de genótipos de trigo e soja em condição de cerrado**. Brasília: faculdade de agronomia e medicina veterinária, universidade de Brasília, 2017, 180 p. Tese de Doutorado.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A. ; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011

BONFIM-SILVA, E.M., SILVA, M.C., SCHLICHTING, A.F., PORTO, R.A., SILVA, T.J.A. AND KOETZ, M. Desenvolvimento e produção de capim-convert HD364 submetido ao estresse hídrico. **Revista Agro@mbiente**, 8, 134-141, 2014.

BOSCHINI, A. P. M. **Produtividade e qualidade de grãos de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas e água no Distrito Federal**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2010, 55p. Dissertação de Mestrado.

BRAGA, M. B.; CALGARO, M. Uso da tensiometria no manejo da irrigação / Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.28 p.: il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 235).

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, mar./abr. 2006.

BREZOLIN, A.P. et al. African Journal of Agricultural Research Wheat yield obtained from nitrogen dose and fractionation. **Academic Journals**, 12(8), pp.566–576, 2017.

BOUTRAA, T.; AKHKHA, A.; AL-SHOAIBI, A.A.; SHOAIBI, A. A.; ALHEJELI. Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (Triticum durum) grown in Saudi Arabia. **Journal of Taibah University for Science**.Volume 3, 2010, Pages 39-48, 2010.

BRUM A.L, HECK C. R, LEMES C. L. **As políticas brasileiras de fomento à cultura do trigo: uma revisão histórica. Desenvolvimento em questão**, Ijuí,3:95-117,2004.

BUTTARO, D.; SATANTAMARIA, P.; SIGNORE, A.; CANTORE, V.; BOARI, F.; MONTESANO, F.; PARENTE, A. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**,Itália v.4 p. 440 – 444, 2015.

BUTRINOWSKI, RICARDO TAVARES. **Novas tecnologias para o controle da giberela do trigo na safra 2014 no sudoeste do Paraná.** / Ricardo Tavares Butrinowski. – 2015. 49 f.: il.; 30 cm

CAFÉ, Sonia L. **Cadeia produtiva do trigo**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.18, p.193-220, set. de 2003. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set1806.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

CARVALHO, J. M. G. ; BONFIM-SILVA, EDNA MARIA ; SILVA, TONNY J. A. DA ; SOUSA, H. H. F. ; GUIMARÃES, S.L. ; PACHECO, A. B. . Nitrogen and potassium in production, nutrition and water use efficiency in wheat plants. **Ciencia e Investigación Agraria** (En línea. Edición en Español), v. 43, p. 10-10, 2016.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo, SP: Nobel, 1999.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Décimo segundo levantamento, setembro 2018 – safra 2017/2018: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 23 set. 2018.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento . safra bras. grãos, v. 6 Safra 2018/19 -Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-127, dezembro 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acesso em: 23 set. 2018.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA. A. S.; ANDREOMAR, J. K.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

CUNHA, G. R. **Buscando a elevação do rendimento de grãos em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 7 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 50). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do50.htm>.

DOBRIYAL, P.; QURESHI, A.; BADOLA, R.; HUSSAIN, S. A. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 458–459, p.110–117, 2012.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 3.0). **Scientia Agrícola**, v.57, p.191-192, 2000.

DUARTE T. S; PEIL R. M. N. 2010. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, jul.- set. 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997. 212p.

FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; SIDDIQUE, K.H.M.; Drought Stress in Wheat during flowering and grain- filing periods. Critical Reviews in **Plant Scienses**, v33, 2014

FENG, S.; GU, S.; ZHANG, H.; WANG. Root vertical distribution is importante to improve water use efficiency and grain yield of wheat. **Field Crops Research**, China, v214.pg 131-141,2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez.2011.

FLANDRIN, J. L.; MONTANARI, M. (Dir.). **História da alimentação**. São Paulo: Estação Liberdade, 1998.

FOULKES, M.J.; SYLVESTER- BRADLEY, R.; WEIGHTMAN, R.; SNAPE, W.P.; Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. **Field Crops Research**. Volume 103. Reino Unido, 2007.

FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S. (Ed.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 340p.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola o Paraná. **Informações Agronômicas - INPI**, v. 134, 2011.

FUMIS, T. F.; PEDRAS, J.F.; Proline, diamine and polyamines accumulation in wheat cultivars submitted to water déficits. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v 37, p 449-453, 2002.

FURLAN, FERNANDO. **Efeito do déficit hídrico em duas variedades de trigo (Triticum aestivum L.) em associação com batérias promotoras do crescimento vegetal**.2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR-Brasil.

GAMA, L.C. **Trigo recupera espaço na região do Cerrado**. Embrapa Cerrados 2013. Disponível em: [http:// https://www. embrapa.br/trigo/busca-de-noticias/-/noticia/1473542/trigo-recupera-espaco-na-regiao-do-cerrado](http://https://www.embrapa.br/trigo/busca-de-noticias/-/noticia/1473542/trigo-recupera-espaco-na-regiao-do-cerrado)>. Acesso em: out. 2017.

GODOY, L. V, SANTOS, T. S, VILLAS BÔAS, R.L, LEITE JÚNIOR, J. B. 2008. Índice relativo de clorofila e status de nitrogênio de cafezais fertirrigadas durante a safra. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 32, 217-226. Instituto FNP, 2008. 509p.

GUTKOSKI, C. L.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F. A.; PEDÓ, I. 6 GUTKOSKI, L. C. Características Tecnológicas De Genótipos De Trigo (*Triticum Aestivum* L.) Cultivados No Cerrado. **Ciênc. Agrotec., Lavras**, v. 31, n. 3, p. 786-792, maio/jun., 2007.

IHSAN, M.Z., EL-NAKHLAWY, F.S., ISMAIL, S.M., FAHAD, S., DAUR, I. Wheat phenological development and growth studies as affected by drought and late season high temperature stress under arid environment. **Frontiers in Plant Science**. 7, 795. Arábia Saudita. 2016.

JACOBSEN, L. A. **Trigo** / Luiz Ataiades Jacobsen. – Porto Alegre: EMATER/RSASCAR, 2003. 42 p.: il. – (Série Realidade Rural; n.32)
LARGE, E. C. Growth stages in cereals. *Plant Pathology*, London, v. 3, p.128-129, 1954

KHAN, M. K.; SAIJ, M.; RAB, A.; JAN, I. Influence of nitrogen and phosphorus on flower and corn production of freesia. **African Journal of Biotechnology**, July 2012.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes Scale. **Plant Pathology**, London, v. 3, p. 128-129, 1954.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p

LI, Q.Q., DONG, B.D., QIAO, Y.Z., LIU, M.Y., ZHANG, J.W. Root growth, available soil water, and water-use efficiency of winter wheat under different irrigation regimes applied at different growth stages in North China. **Agric. Water Manag.** 97, 1676–1682, 2010.

LIU, E. K; MEI, X. R; YAN, C. R; GONG, D. Z. E; ZHANG, Y. Q. Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. **Agricultural Water Management**, China, volume 167, pag. 75-85. 2016.

MANSCHADI, A. M.; CHRISTOPHER, J.; DEVOIL, P.; MARCELO, G. L. The role of root architectural traits em adaption of wheat to water – limited environments. **Funct. Plant Biol.** Pag 823-837. 2006.

MARDEH, S.; AHMADI, A.; POUSTINI, K.; MOHAMMADI, V. Evaluation of drought resistance índices under various conditions. **Field crop research**. Curdistão -Irã. Volume 98. 2006.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. Manual for chlorophyll meter SPAD 502. Osaka: Minolta, **Radiometric Instruments Divisions**, 1989. 22 p.

MARDEH, S.; AHMADI, A.; POUSTINI, K.; MOHAMMADI, V. Evaluation of drought resistance indices under various conditions. **Field crop research**. Curdistão -Irã. Volume 98. 2006.

MOAYEDI, A. A.; BOYCE A. N.; BARAKBAH, S. S. Spike traits and characteristics of durum and bread genotypes at different growth and developmental stages under water deficit conditions. **Australian journal of basic and applied sciences**, Austrália. 4 (2): 144-15, 2010.

MORI, CLÁUDIA.; ANTUNES, J. M.; FAÉ, G. S.; SILVA, S. A.; Trigo : o produtor pergunta, a Embrapa responde. – Brasília, DF : Embrapa, 2016. 309 p. : il. color. ; 16 cm x 22 cm. – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

OZTURK, A.; AYDIN, F. Effect of Water Stress at Various Growth Stages on Some Quality Characteristics of Winter Wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 190, 2, (93-99), (2004).

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.575-580, 2013

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: EDUR, 2004. 191 p.

POSSATTO JUNIOR, OMAR ET AL. Productive performance and industrial quality of wheat genotypes grown in two environments. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 20, n. 9, p. 856-861, Sept.2016. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-00900856 & lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 Set 2018.

RAO, S. S.; REGAR, P. L.; TANWAR, S. P. S.; SINGH, Y. V. Wheat yield response to line source sprinkler irrigation and soil management practices on medium-textured shallow soils of arid environment. **Irrigation Science**, v. 31, n. 5, p. 1185–1197, 2013.

RAZA, M.A.S., SALEEM, M.F., SHAH, G.M., KHAN, I.H., RAZA, A. Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and

grain yield of wheat under drought. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. 14, 348-364, 2014.

REINERT, J. R.; REINERT, J. M.; Coluna de areia para medir a retenção de água no solo - protótipos e testes 2006. *Ciencia Rural*, v.36 n.36 p.1931-1935. Santa Maria.

RESENDE, M; ALBUQUERQUE, P. E. P. Métodos e estratégias de manejo de irrigação. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Minas Gerais, 2002, 10p. (Circular Técnica; 19).

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C.; SÓ E SILVA, M.; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. **Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24 p. html. (Embrapa Trigo. Circular técnica Online, 21). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci21.htm>.

RIBEIRO, T. L. P.; CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; PASINATO, A. Phenological responses of Brazilian wheat cultivars to vernalization and photoperiod. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1383-1390, 2009.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; COSTENARO, E. R. Manejo de trigo de alta produtividade. **Revista Plantio Direto**. Maio/Junho de 2011.

ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; SCHWARZ, D.; FRANKEN, P.; COLLA, G. **Effects of Drought on Nutrient Uptake and Assimilation in Vegetable Crops**. In: Aroca, R., Ed., *Plant Responses to Drought Stress*, Springer, Berlin Heidelberg, 171-195 2012.

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. 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, H. G. ; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. ; OLIVEIRA, V. A. ; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. ; ARAUJO FILHO, J. C. ; OLIVEIRA, J. B. ; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília, 5 edição, DF: Embrapa, 2018.

SARTO, M. V. M.; SARTO, J. R. W.; RAMPIM, J. S. R.; BASSEGIO, D; COSTA, P. F.; INAGAKI, A.M. Wheat phenology and yield under drought: A review. **Australian Journal of Crop Science**. São Paulo-SP.2017.

SETTE, Denise M.; TARIFA, João R. Clima e ambiente urbano tropical: o caso de Rondonópolis-MT. In: **Revista INTERGEO**, (1), p. 26-35, 2001.

SCHEEREN, P. L. Informações sobre o trigo (*triticum* spp). Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa do Trigo, 1986 34p.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIRÃO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. In: BORÉM, A, SCHEEREN, P. L. Trigo: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. Cap.2, p.35 - 55.

SILVA, M. F. **Desempenho de genótipos de trigo em condições edafoclimáticas distintas do estado de São Paulo**. - Campinas, 2011. - 102f. : Dissertação (Mestrado). Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia. Instituto Agrônômico (IAC). Campinas, 2011.

SILVA, M. R. R.; ARF, O.; RODRIGUES. R. A. F. Cultivares de trigo sob manejos de solo e água, na região do Cerrado. **Revista Ciência Rural**, v.38, n.4, jul, 2008.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação.2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416.

PIMENTEL, Carlos. A relação da planta com a água. Seropédica, Rio de Janeiro: Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004.

THAPA, S.; REDDY, S. K.; FUENTEALBA, M. P.; XUE, Q.; RUDD. J. C.; JESSUP, K. E.; DEUKOTA, R. N.; LIU, S. Physiological responses to water stress and yield of winter wheat cultivars differing in drought tolerance. **Journal of Agronomy e Crop Science**, 204, 347-358, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. **5. ed. Porto alegre: Artmed, 2013. 918p**. VAN GENUCHTEN, M.T. van. 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.

UDDIN, S.; LÖW, M.; PARVINB, S.; FITZGERALDA, G.; BAHRAMIA, H.; TAUSZ-POSCHA, S.; ARMSTRONGD, R.; O'LEARYD, G.; TAUSZC, M. Water use and growth responses of dryland wheat grown under elevated [CO₂] are associated with root length in deeper, but not upper soil layer. **Field Crops Research**, v 224 (2018) 170–181. Austrália.

ZHANG, H.; OWEIS, T. Water-Yield Relations and Optimal Irrigation Scheduling of Wheat in the Mediterranean Region. **Agricultural Water Management**, 38, 195-211, 1999.

ZHANG, X.; ZHANG X.; LIU, X.; SHAO, L.; SUN, H.; CHEN, S. Incorporating Root Distribution Factor To Avaliate Soil Water Status For Winter Wheat. **Agricultural Water Management**, v.153 p.32-4. 2015. China.

ZHANG, X.; CHEN, S.; SUN, H.; WANG, Y.; SHAO. Root size, distribuion and soil water depletion as affected by cultivars and environmental factors. **Field Crops Research**, China, v.114, p.75-83, 2009.

WANG, L.; CHU, H.; WANG, J.; LI, J.; QIAO, Y.; FU, Y.; MOU, T.; CHEN, C.; XU, J. Origin and development of the root cap in rice. **Plant Physiology**, vol. 166, pp. 603 – 613, 2014.

WANG, J. Y.; NEIL C. TURNER, C. N.; YING XIA LIUA, Y. X.; KADAMBOT H. M. SIDDIQUE, K. H. M.; XIONG, Y. C. Effects of drought stress on morphological, physiological and biochemical characteristics of wheat species differing in ploidy level. **Functional Plant Biology**, 44, 219–234. 2017

WANG, L.; HUANG, C.; HUANG, L.; Parameter Estimation Of The Soli Water Retention Curve Model With Java Algorithm. **Computers and Electronic in Agriculture**. V.153 p. 349-353. 2018. China.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.621-33, 2000.

XU, C.; TAO, H.; TIAN, B.; GAO, Y.; Limited- irrigation improves use efficiency and soil reservoir capacity through regulating root and canopy growth of winter wheat. **Field Crops Research**, v 196, pg 268-275, set 2016, China.