



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE TRIGO
SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Larissa Queiroz Ramos

Brasília-DF

Julho/ 2019

LARISSA QUEIROZ RAMOS

**ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE TRIGO SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Banca Examinadora da
Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária como exigência final para
obtenção do título de Engenheira
Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. MARIA LUCRECIA GEROSA RAMOS

Co-orientador: Dr^º. WALTER QUADROS RIBEIRO JÚNIOR

Brasília- DF

Julho/2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Ramos, Larissa Queiroz.

“ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENOTIPOS DE TRIGO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.”. Orientação: Maria Lucrecia Gerosa Ramos 2019. 34 folhas.

Trabalho de conclusão de curso (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

1.Cerrado 2.Estresse hídrico 3.*Triticum aestivum* 4.Osmoprotetores

RAMOS, M.L.G II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RAMOS, L. Q. Alterações morfofisiológicas de genótipos de trigo sob lâminas de irrigação: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2019, 35 folhas.

Trabalho de Conclusão De Curso

CESSÃO DE DIREITOS

Nome da Autora: LARISSA QUEIROZ RAMOS

Título da Monografia de Conclusão de Curso: ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE TRIGO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO Ano: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Larissa Queiroz Ramos

e-mail: larissa_correntina28@hotmail.com

LARISSA QUEIROZ RAMOS

**ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE TRIGO SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Lucrecia Gerosa Ramos

Co-orientador: Dr^º. Walter Quadros Ribeiro Júnior

BANCA EXAMINADORA

Maria Lucrecia Gerosa Ramos

Doutora, Universidade de Brasília - UnB

Orientadora / e-mail: lucreciaunb@gmail.com

Marcelo Fagioli

Doutor, Universidade de Brasília- UnB

Examinador/ e-mail: mfagioli@unb.br

Estela Reis de Andrade

Mestre, Universidade de Brasília-UnB

Examinadora/ e-mail: estela.andrade@unb.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir realizar mais essa conquista, e ter iluminado e conduzido os meus caminhos até aqui.

Ao meu amado pai Almir, que nunca duvidou da capacidade de sua filha e que mesmo de longe foi motivo de inspiração aos meus dias, principalmente as aulas de campo. A minha querida mãe Margarete com suas poderosas orações e palavras de consolo que me acalmava quando eu me via em desespero pelos inúmeros obstáculos que travei nessa trajetória.

À Professora e orientadora Maria Lucrécia, pelos conhecimentos compartilhados, confiança e paciência.

À Universidade de Brasília-UnB, pela oportunidade e ensinamentos.

À Embrapa Cerrados, pela disponibilização do experimento.

À Estela e ao Welton pelo apoio nas análises de laboratório.

Aos meus tios Lauro, Marizete, Valdivino e Marinete que sempre estiveram prontamente dispostos a me ajudar qualquer que fosse às circunstâncias. Aos meus tios avós Clarisse e Reinaldo que mesmo sem me conhecer, me acolheram com muito amor. A minha prima Iza por toda a amizade. Aos meus tios Ney e Noemia, e ao meu irmão Cleiton, pelo suporte nas viagens de volta para casa. Ao meu namorado Luíggi por todo amor, carinho e compreensão na fase final desse trabalho.

A minha amiga Sarha que tanto incentivou minha vinda para Brasília, que torceu e vibrou com minha aprovação no vestibular.

Aos meus agrofriends Raquel, Luis Gustavo, Eline, João Victor, Mayara, Karen, Michelli, Renato, Thales, Beatriz, Lizandra, João César, Tahina, Cecília, Catiane e Joyce que fizeram dos meus dias na UnB mais leves e felizes, e que me ensinaram que o melhor de uma cidade não é o seu espaço físico, mas sim as pessoas que nela vivem.

Agradeço imensamente as minhas amigas Eline, Aline e Cecília que me acolheram quando eu mais precisei sempre me motivando a seguir em frente.

Aos meus sobrinhos Lara, Lauro, Harllis filho e Ana Clara, que mesmo sem saber foram minha fortaleza para chegar até o final da graduação.

A família maravilhosa composta por Ioni, Edilson, Larissa, Luis Gustavo e Gabriel que eu tive o prazer e a honra de ter conhecido e convivido durante esses anos.

Muito Obrigada!

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações morfológicas e quantificar os teores de prolina nas folhas de 5 genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, no inverno de 2018. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, em esquema de subparcelas. As parcelas foram cinco genótipos de trigo (Aliança, Sintonia, BR 18, CPAC 8318, CPAC 9110) e as subparcelas, os regimes hídricos (562 mm, 444 mm, 302 mm, 222 mm). Os dados foram analisados no programa SISVAR e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dados foram transformados em $\sqrt{X + 1}$. Os genótipos apresentaram, em média, redução de 24,8% do peso de parte aérea, principalmente na menor lâmina aplicada 222 mm, comparada com a maior lâmina de água aplicada (562 mm). A razão raiz/parte aérea apresentou um aumento significativo na comparação da menor com a maior lâmina de água aplicada. Os genótipos apresentaram comportamento semelhante sob condições de estresse hídrico.

Palavras-chaves: Cerrado, Estresse hídrico, (*Triticum aestivum*), Osmoprotetores

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the morphological changes and to quantify the proline contents in the leaves of five wheat genotypes submitted to different irrigation blade. The experiment was conducted at Embrapa Cerrados, in the winter of 2018. O and the experimental design was the randomized block design with three replications, in a subplot scheme. divided between plots and subplots. The plots were the 5 wheat genotypes (Aliança, Sintonia, BR-18, CPAC8318, CPAC 9110) and the subplots, the water regimes applied in the experiment (562 mm, 444 mm, 302 mm, 222 mm). The data were analyzed in the SISVAR program and the means comparison was done. The means of the variables analyzed were obtained by the Tukey test ($p < 0.05$). Data transformed into $\sqrt{X + 1}$. The genotypes tested on average presented, on average, a 24.8% reduction in shoot weight, mainly on the smaller blade applied 222 mm, the root / shoot ratio showed a significant increase in the comparison between the lowest and the highest water blade applied. The genotypes behaved as under water stress conditions.

Key words: Cerrado, Water stress, (*Triticum aestivum*), Protectors

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 Cerrado	3
3.2 A cultura do trigo	4
3.3 Cultivo irrigado.....	6
3.4 Absorção de água e estresse hídrico.....	7
3.5 Prolina como osmoprotetor.....	8
3.5.1 Síntese e degradação de prolina em plantas.....	9
3.5.2 Genótipos	10
4 MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 Procedimentos em Campo	11
4.2 Análises de prolina em laboratório	12
5. RESULTADOS	15
7. CONCLUSÃO	19
8. REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência das alterações climáticas dos últimos anos, faz-se necessária a seleção de culturas de interesse econômico que apresentem mecanismos de tolerância à seca, pois a disponibilidade hídrica pode afetar de forma negativa o desenvolvimento das plantas e, portanto, seus índices produtivos (PIMENTEL, 2004).

Entre as culturas de interesse agrônômico no Cerrado se destaca o trigo (*Triticum aestivum*) e, portanto, é indispensável à seleção de genótipos com maior tolerância às condições adversas, dentre elas, a seca. Para tanto é importante conhecer as alterações morfofisiológicas que são ocasionadas pela restrição hídrica (ZHANG et al., 2014).

Nesta região a colheita do trigo cultivado sob sistema irrigado pode ser feita em épocas de baixa ocorrência de chuva, o que permite ao produtor níveis elevados de produtividade, em comparação com outras regiões do país, melhores preços, e a obtenção de grãos de qualidade, que resulta na maior qualidade da farinha com o peso hectolitro médio superior a 80 kg hL⁻¹ (CONDÉ et al., 2010; NETO & SANTOS, 2017).

O déficit hídrico é considerado um dos fatores que mais limita a produção de culturas de interesse econômico (GIROTTO, 2012). Quando a planta é submetida a uma situação de escassez hídrica, são provocadas alterações fisiológicas que comprometem o desempenho da cultura, muitas vezes irreversíveis, do qual as características mais importantes são: o estágio de desenvolvimento da planta, o genótipo, duração e a severidade (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Existem diversos compostos osmoprotetores presentes nas folhas que desempenham papel importante em situações em que são causados danos pelo estresse hídrico, tais como: glicina betaína e a prolina (KISHOR et al., 2005). A prolina é o aminoácido mais responsivo as condições de estresse por apresentar alta sensibilidade (ASHRAF et al., 2011). Ela atua na conservação da integridade de proteínas, membranas celulares e enzimas quando a planta está submetida ao déficit hídrico (ASHRAF et al., 2011; MARIJUAN; BOSCH, 2013).

2 OBJETIVO

Avaliar as alterações morfológicas e os teores de prolina em genótipos de trigo sob lâminas de irrigação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cerrado

O Cerrado é o bioma brasileiro caracterizado pela junção de outros ecossistemas como florestas estacionais, matas de galeria, savanas e campos (EITEN, 1977; RIBEIRO et al., 1981). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2019) é o segundo maior bioma do país, ocupando uma área de 2.036.448 km², o que equivale a 22% do território nacional, abrangendo os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Minas Gerais, Rondônia, Maranhão, Goiás, Piauí, Paraná, Distrito Federal e São Paulo, com fragmentos no Amapá, Amazonas e Roraima.

O bioma do Cerrado tem um papel fundamental do ponto de vista hídrico, pois são encontradas em suas limitações geográficas, nascentes de três grandes bacias hidrográficas: Bacia do Paraná, São Francisco e Tocantins-Araguaia, das quais são fontes importantes para a manutenção de cidades, da atividade agrícola, indústrias e consumo humano. (SILVA et al., 2008). Os solos do Cerrado são profundos devido às camadas sedimentares do seu material de origem, em geral são porosos, bem drenados, e permeáveis, além de possuírem baixa capacidade de retenção de água, e por isso são facilmente lixiviados. Na região do Cerrado predominam os solos arenosos, e os areno-argilosos, dos quais apresentam baixos teores de matéria orgânica, entre 3 a 5% (COUTINHO & KLEIN, 2002).

A maioria dos solos de cerrado (45,7%) são classificados como latossolos (CORREIA et al., 2004). São naturalmente ácidos, e devido aos altos níveis de Al³⁺ apresentam pH em torno de 4 a 5, o que dificulta sua viabilidade para a agricultura. Portanto é necessária a correção do pH, bem como a adubação de macro e micronutrientes para torná-los férteis e produtivos (COUTINHO & KLEIN, 2002).

O clima da região do Cerrado é caracterizado como tropical sazonal com duas estações bem definidas: o verão com chuvas intensas e precipitação média anual de 1.200 a 1.800 mm e o inverno seco, com temperatura média anual entre 22 a 33 °C e, durante o período seco, pode ultrapassar 40 °C (COUTINHO, 2000). Nessa região, as chuvas predominam nos meses de outubro a março, e é muito comum a ocorrência de veranicos, que são caracterizados por curtos períodos de seca dentro da estação de chuva com aproximadamente 15 a 20 dias (COUTINHO & KLEIN, 2002).

Veranico é um fenômeno climático que consiste na falta d'água, associada com alta insolação, calor intenso e baixa umidade relativa do ar e sua ocorrência é durante o

ciclo das culturas, diminuindo seu desempenho e, conseqüentemente, a produtividade (CARDOSO & RIBEIRO, 2006).

No Centro-Oeste do país, normalmente ocorrem veranicos prolongados, que, a cada ano, podem ocorrer nos diversos estádios de desenvolvimento das culturas, tornando as culturas vulneráveis às oscilações hídricas (SOUSA & PERES, 1998)

A economia da região do Cerrado há três décadas era fundamentada pela agricultura de subsistência e criação de gado de forma extensiva (FALERIO & NETO, 2008). Nos últimos anos o Cerrado tem sido considerado como a principal fronteira agrícola do país, e vem se destacando na produção de soja, milho e demais *commodities* (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2005). Essa expansão é decorrente dos atributos topográficos, hídricos, climáticos e de localização geográfica, que permite ter acesso a outras regiões do Brasil (MATOS & PESSÔA, 2014).

3.2 A cultura do trigo

A palavra trigo provém do latim, *triticum*, que significa quebrado ou esmagado, e refere-se à atividade exercida no ato de separação do grão da casca (LEON & ROSELL, 2007).

Demoraram-se anos de seleção para a obtenção das cultivares que são comercializadas atualmente. No passado eram utilizados as espécies *Triticum spelta*, *Triticum dicoccum*, *Triticum polonicum* e *Triticum turgidum*, contudo hoje são usadas apenas em estudos científicos e para fins de melhoramento genético (SCHEEREN et al., 2015).

O *Triticum aestivum*, que é a espécie mais utilizada no Brasil, provavelmente teve sua origem logo depois dos trigos diplóides e tetraplóides e as espécies tetraplóides têm um bom desempenho nos invernos moderados e verões secos, o que possibilitou a sua disseminação e cultivo (FEDERIZZE et al., 1999). Os trigos primitivos possuíam espigas muito vulneráveis à quebra quando atingia a maturação, e suas sementes ficavam aderidas às partes florais, além de apresentarem acamamento (SCHEEREN et al., 2015).

O trigo é uma planta que apresentou muitas alterações no seu processo de domesticação, como a perda da deiscência natural, sincronia entre a germinação, florescimento e maturação, espigas maiores, e com maior número de grãos. É uma planta autógama, ou seja, a fecundação cruzada ocorre em uma proporção muito baixa,

em torno de 5%, possui flores hermafroditas, possibilitando a autofecundação, e dessa forma os grãos de pólen da flor aderem-se aos óvulos de uma mesma flor (FEDERIZZE et al.,1999).

A introdução do cereal no território nacional ocorreu em 1534, na capitania de São Vicente, trazido por Martim Afonso de Sousa, o clima local com altas temperaturas a princípio não propiciou o bom desempenho das lavouras, contudo o cereal começou a prosperar no Sul do país, porém no início do século XIX, a ferrugem, uma doença fúngica, devastou os campos de trigo, e foi cultivado novamente a partir da década de 1940, com expansão da cultura no Sul do país (ABITRIGO, 2019).

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma espécie vegetal, pertencente à família das poaceae, e é um dos cereais mais cultivados no mundo, juntamente com o milho e o arroz; é componente fundamental na alimentação humana desde a antiguidade devido ao seu alto valor nutricional (LEON & ROSELL, 2007; FARIAS et. al., 2016). Ainda, segundo o mesmo autor, os grãos são beneficiados e após seu processamento, obtém-se a farinha, que é utilizada como matéria prima na fabricação de pães, bolos, biscoitos, macarrão e diversos outros pratos da culinária mundial.

A qualidade da farinha, o seu rendimento, e os teores de proteína dos grãos variam de acordo com as cultivares, podendo ser influenciadas pelos aspectos abióticos como a salinidade, a deficiência ou excesso de nutrientes, exposição aos extremos de temperatura, e o déficit hídrico (SILVA et al., 2015; SCHEEREN et al., 2015).

O formato do grão oscila muito, quanto às características de comprimento, espessura e arredondamento; o grão tipo cariopse é seco, e indeiscente típico das gramíneas, de tamanho pequeno, mede 6 a 7 mm, e é formado apenas um grão por flor (SCHEEREN et al., 2015).

O sistema radicular do trigo é formado por raízes seminais, permanentes, e as raízes adventícias. São as raízes seminais as responsáveis pela absorção de nutrientes e água do solo (SCHEEREN et al., 2015).

De acordo com a CONAB (2018), o cereal é o segundo mais consumido no Brasil e o subproduto advindo da moagem também é utilizado na alimentação animal. Em 2017, apesar de o Brasil ter produzido aproximadamente 6 milhões de toneladas, importou 4 milhões de toneladas de países do Mercosul (ABITRIGO, 2019),o que demonstra a dependência externa do país para suprir suas demandas internas de trigo.

O Distrito Federal possui produtividade elevada, sob irrigação de pivô com 4.105 kg/ha em comparação com a área plantada de 2,3 mil hectares devido à

infraestrutura da região, investimentos tecnológicos e a estabilidade climática com temperaturas noturnas baixas, e altas durante o dia, que favorecem o cultivo do cereal (NETO & SANTOS, 2017; CONAB, 2019). Além disso, esses autores argumentam que no Centro-Oeste a colheita é feita entre julho a setembro, com antecedência de dois meses da colheita do Sul do país, propiciando aos produtores a escoagem antecipada da sua produção, e conseqüentemente um melhor preço de mercado. O cultivo é feito sob sistema plantio direto, cultivo irrigado, sementes com aptidão para a panificação e genótipos adaptados a região e é uma excelente alternativa para a rotação de culturas, substituindo as culturas de verão (CARGNIN et al., 2006).

Devido ao clima quente e seco, a cultura do trigo passa por duas condições de estresse ambiental: hídrico (escassez de água) e térmico (excesso de calor). Nas áreas de maior altitude pode-se cultivar o trigo no sequeiro, e em sistema irrigado, quando o período do ano for conveniente para o seu cultivo (CUNHA et al., 2006).

3.3 Cultivo irrigado

Segundo a Agência Nacional de Água ANA (2017), o Brasil é um dos países que possui grande área irrigada, com uma expansão maior nos anos de 1970 e 1980 devido ao apoio de políticas públicas que fomentou o crescimento do setor. O uso da água para a irrigação é uma atividade utilizada para suprir as necessidades das plantas quando as condições naturais não são suficientes para garantir a produção.

Na irrigação das culturas, de acordo com Landau et al. (2014) o sistema mais empregado é por pivô central, no qual abrange uma área de 1,3 milhões de hectares, tendo em vista um crescimento médio de 104 mil hectares irrigados por ano e os Estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Bahia possuem o equivalente a 80% das áreas irrigadas sob pivô.

O manejo da água na agricultura irrigada é fundamental, pois devem-se obter formas para atender as necessidades hídricas da cultura, para evitar que ocorra a falta ou excesso de água no momento da aplicação, o horário mais adequado para a realização da irrigação e intensificar a eficiência do uso da água (BILIBIO et al., 2010). Segundo Lopes et al. (2011) é indispensável o conhecimento sobre os fatores que interferem no consumo da água na agricultura irrigada, as necessidades da cultura e a capacidade de armazenamento de umidade do solo. Os sistemas de irrigação com manejos

inadequados favorecem o desperdício de água e de energia, além de diminuir significativamente o desempenho das plantas (COELHO et al., 2005).

De acordo com o órgão ANA (2017), não existe um sistema de irrigação padrão que seja totalmente eficiente, mas que atenda as particularidades de cada área, como a capacidade de infiltração do solo, declividade do local, fisiologia da planta, recursos disponíveis do produtor, de modo a utilizá-los da melhor forma possível, proporcionando o aumento na sua eficiência. Tem-se uma dificuldade quanto ao monitoramento da atividade, devido à grande diversidade da agricultura irrigada dentro das limitações de um país de dimensões continentais como o Brasil.

3.4 Absorção de água e estresse hídrico

A água é o elemento de maior importância para a ocorrência da vida no planeta terra, os gregos e chineses julgavam a água como a principal substância da origem do universo e é sabido que a sua disponibilidade limita tanto o crescimento vegetal, quanto a vida humana (PIMENTEL, 2004). É preciso ressaltar que a água é um insumo de recurso natural limitado (SANTANA, 2003), portanto deve-se ter responsabilidade quanto ao seu uso.

A água é a substância de maior importância para as plantas, tendo em vista que as plantas absorvem 500 g de água para a produção de um grama de biomassa vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2006), sendo imprescindível para o bom funcionamento e crescimento dos vegetais, uma vez que participa de rotas metabólicas essenciais para a vida dos mesmos (LEHNINGER, 2006). Sua deficiência desencadeia uma série de alterações morfológicas e fisiológicas, que afetam direta e indiretamente a superfície foliar, brotações, crescimento de raízes além de alterar o metabolismo do vegetal, metabolismo proteico, a fotossíntese, a condutância estomática, respiração, transpiração e a translocação de nutrientes e metabólitos (FARIAS, 2005; AMIST & SINGH, 2017). O metabolismo das plantas é remodelado para se adaptar a situação de estresse abiótico, como a desidratação, ou quando a pressão osmótica for excessiva, ocorre então o acúmulo de diversos solutos orgânicos nas folhas e raízes, como açúcares, prolina e betaína (TAIZ & ZEIGER, 2006).

A habilidade de contornar condições adversas e garantir a sobrevivência das plantas é condicionada por mecanismos que conferem resistência à seca e podem ser tanto de escape quanto de tolerância. Quando ocorrer a redução da atividade metabólica

até atingir o estado de dormência fica caracterizado como um mecanismo de escape. No que diz respeito aos mecanismos de tolerância é observado o aumento da atividade metabólica que possibilita a planta suportar a condição de estresse (WILLADINO & CAMARA, 2010)

Os vegetais apresentam comportamento variado quando submetidos ao estresse hídrico, uns com maior outros com menor sensibilidade, então são produzidos inúmeros reguladores, assim que é percebida a restrição hídrica (SANTOS et al., 2012). O ajustamento osmótico pela síntese de substância celular é um deles, no qual a prolina desempenha papel de osmoprotetor (CARLIN & SANTOS, 2009). O ajustamento osmótico costuma ser seguido da absorção de íons inorgânicos, e com isso tem-se um acúmulo de solutos orgânicos, ou seja, os osmoprotetores (STRANGE, 2004).

3.5 Prolina como osmoprotetor

A prolina é um íon neutro que possui tanto cargas positivas quando negativas e apresenta inúmeras propriedades hidrofílicas, acumulando-se em altas concentrações no citoplasma da célula sem interferir nas estruturas celulares do metabolismo e, dessa forma, atua como "solute compatível" (AMIST& SINGH, 2017)

A prolina funciona com um osmoprotetor e atua em mecanismos que possibilitam a expansão de respostas de tolerância à seca (LIMA, 2010). Este aminoácido atua principalmente na estabilização de proteínas e desempenha papel protetor nas membranas contra os efeitos adversos das espécies vegetais (SHARMA & DUBEY, 2005). Geralmente, as concentrações desse aminoácido aumentam em plantas sob estresse hídrico (RAMOS et al., 2005), além de estresse salino, e há correlação positiva entre o acúmulo deste aminoácido e a tolerância das plantas ao estresse hídrico (SILVA et al., 2007).

A classificação dos solutos é feita de acordo com duas categorias: compostos que tem em sua estrutura o elemento nitrogênio tais como a prolina e outros aminoácidos, e os que são compostos por hidróxi, que são os oligossacarídeos e a sacarose. O ajustamento osmótico ocorre devido à acumulação de aminoácidos livres, açúcares e prolina nas raízes e brotos (AMIST & SINGH, 2017). A elevação da quantidade de aminoácidos livres corresponde a uma diminuição nos efeitos do déficit hídrico, pois se tem o aumento da capacidade da planta na retenção de água (MORANDO et al., 2014).

3.5.1 Síntese e degradação de prolina em plantas

A síntese de prolina ocorre por meio de duas vias metabólicas: o glutamato e ornitina, o que determina qual via seguir é o substrato inicial. A principal via metabólica em plantas é a do glutamato onde ocorre a conversão para prolina seguindo duas etapas de redução consecutivas catalisadas pela enzima 1 – pirrolina-5-carboxilato sintase (P5CS), e pela pirrolina-5-carboxilato redutase (P5CR) (Figura 1). A ação da (P5CR) é considerado uma etapa limitante na rota de síntese da prolina. De acordo com Fujita et al. (1999), a ornitina é um caminho alternativo na síntese de prolina, onde a ornitina é transaminada para P5C pela ação da enzima ornitina- δ -aminotransferase (OAT), que se encontra nas mitocôndrias(HE & HE, 2017).

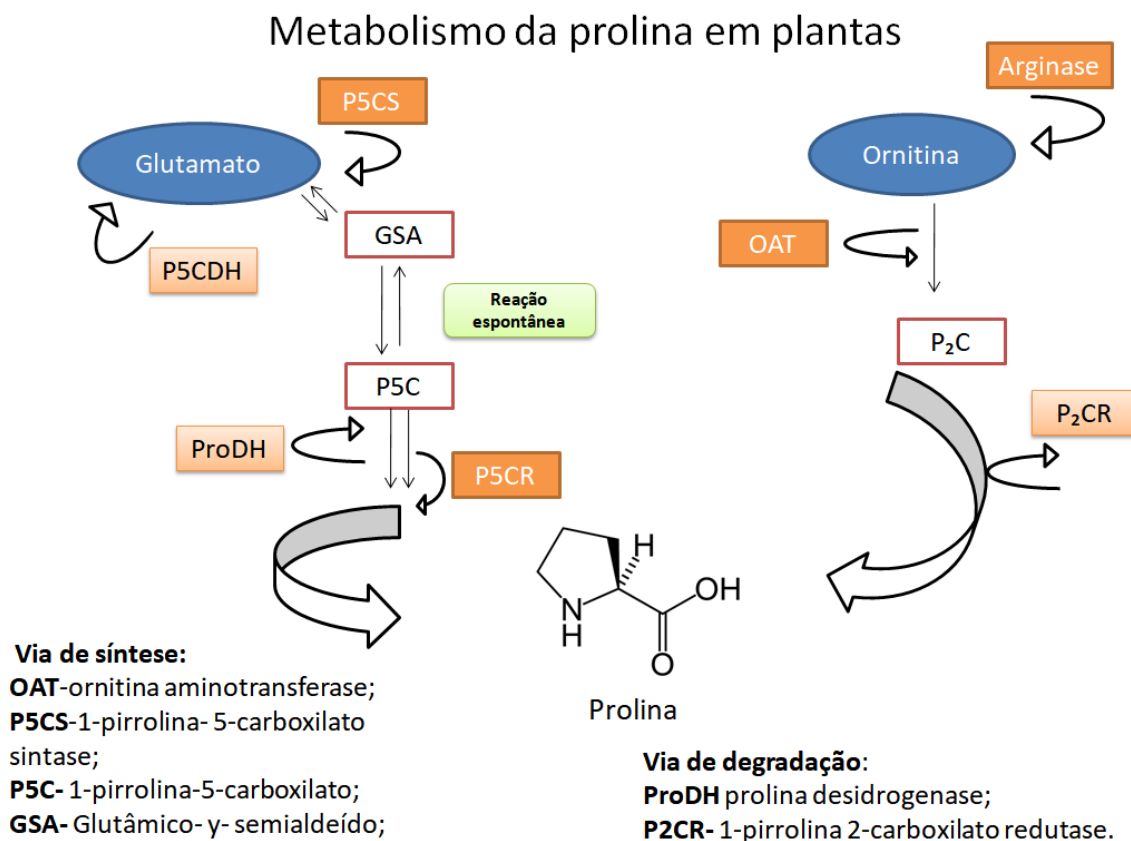


Figura 1: Metabolismo da prolina pela via do glutamato, e da ornitina.(adaptado de HE & HE, 2017)

A biossíntese de prolina opera como uma solução tampão por consumir NADPH para a redução de glutamato, o resultante gera NADP⁺ que pode ser usado como um

receptor de elétrons na cadeia transportadora, reduzindo o transporte de elétrons na fase cíclica e, por isso diminuí a produção de espécies que reagem com o oxigênio. O glutamato também é fosforilado e libera ADP (a partir do ATP), esse ADP é utilizado na fotossíntese para produção de ATP (VERSLUES & SHARMA, 2010).

O processo da degradação de prolina é considerado um processo reverso da biossíntese, onde ocorre a catalisação pela prolina desidrogenase (PDH) e P5C desidrogenase (P5CDH) (AMIST & SINGH, 2017).

Para se ter uma melhora na tolerância à seca, deve-se considerar os genótipos e suas interações com o ambiente, ao ponto de se identificar as melhores circunstâncias de manejo para que o genótipo consiga expressar a sua carga genética (BATISTA, 2017).

3.5.2 Genótipos

As reações genômicas que estão relacionadas à percepção do sinal de estresse, e desencadeiam o estado de resistência da planta, vem sendo estudadas amplamente nos últimos anos. As características do órgão, tecido, e estágio de desenvolvimento do genótipo da planta vão determinar as respostas ao estresse. (TAIZ & ZEIGER 2006).

Em genótipos de trigo estudados por Ribeiro Junior et al. (2006), foram avaliadas as características morfofisiológicas que são de interesse para a fenotipagem de tolerância ao estresse hídrico, com dois tipos de genótipos; os que tem aptidão para serem conduzidos em sequeiro: Aliança, Sintonia e BR-18 e os cultivados em sistema irrigado: CPAC 8318, CPAC 9110.

Os Programas de Melhoramento genético estão empenhados em aumentar a tolerância das plantas à seca, de modo que a identificação e a especificidade dos genitores sejam adequadas para cada região, com tendência a ocorrência de déficit hídrico durante a época de plantio. Dessa forma faz-se necessário a triagem de germoplasmas adaptados às condições de estresse, para assim se obter os genótipos tolerantes à seca (GIROTTI et al., 2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedimentos em campo

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, cujas coordenadas geográficas da área são: (15° 35'S e 84° W) e altitude de aproximadamente 1014 m. A temperatura média anual é de 22 °C e a pluviosidade média de 1202 mm (SILVA et al., 2016). O solo é classificado como Latossolo-Vermelho distrófico com textura argilosa (SANTOS et al., 2013). De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), o clima que predomina na região é típico das savanas com duas estações bem definidas: outono, inverno (seco e frio) e a primavera, verão (quente e úmido).

Os genótipos foram semeados no início de junho de 2018 por meio da semeadora de parcelas experimentais do modelo Semeato, de tração com oito linhas com espaçamento de 0,17 metros. A densidade de sementes foi de 90 sementes por metro linear.

O experimento foi instalado em junho de 2018, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema de subparcelas. As parcelas foram quatro genótipos (CPAC 9110, Sintonia, CPAC 8318, BR 18 e Aliança) e as subparcelas, os regimes hídricos (562, 444, 302, 222 mm). A adubação no plantio foi de 600 kg ha⁻¹ da fórmula 04-14-8 e a adubação de cobertura foi aos 28 dias após o plantio, com 100 kg N ha⁻¹ de N (ureia).

Os diferentes regimes hídricos foram obtidos por meio de uma barra irrigadora de aspersão com 40 m de largura, ligada ao carretel com velocidade regulável. Em cada lateral da barra irrigadora foram instalados oito aspersores uniformemente espaçados. Durante os primeiros 30 dias após a emergência (DAE) a irrigação foi uniforme em toda a área experimental. Após este período, foi adaptada a metodologia do *line source* (HANKS et al., 1976).

As lâminas de água aplicadas foram calculadas por meio de 18 coletores colocados em fileiras paralelas à linha de irrigação. Ela foi definida utilizando o Programa de Monitoramento de irrigação para o Cerrado que foi fornecido pela Embrapa Cerrados. O programa utiliza informações da cultura, variedade, solo e data de emergência das plantas, gerando a lâmina líquida e o turno de rega que devem ser aplicados.

Na floração dos genótipos de trigo, em agosto de 2018, foram coletadas dez folhas bandeiras por parcela. Estas foram acondicionadas em frascos plásticos e

colocadas imediatamente em nitrogênio líquido. Posteriormente, as folhas foram mantidas em freezer -20°C até o momento das análises. Os teores de prolina nas folhas foram avaliados pelo método de Bates et al. (1973).

Em cada parcela, foram coletadas amostras de três plantas para a determinação do peso seco da parte aérea e coletadas raízes com solo, com trado circular, especial para a coleta de raízes, na camada de 0-20 cm. O peso seco da parte aérea das plantas e das raízes foi determinado após estes serem mantidos em estufa a 65°C até peso constante.

4.2 Análises de prolina em laboratório

Para a determinação dos teores de prolina nas folhas foi obtido um extrato. 0,5 g de folhas foram macerados em cadinho de porcelana contendo nitrogênio líquido, até que o tecido virasse pó (Figura 2 (a)). Foram adicionados 10 mL de ácido sulfossalicílico, a 3%, e posteriormente o material foi filtrado em papel filtro Whatman nº 2 (Figura 2 (b)). 1,5 do filtrado foi acondicionado em tubos de ensaio com tampa rosqueável, sendo, 0,1 mL de glicina, 2,0 mL de ninidrina ácida e 2,0 mL de ácido acético glacial. A mistura foi mantida em banho-maria (100°C) por uma hora. Em seguida, os tubos de ensaio foram transferidos para banho de gelo por 10 minutos para cessar a reação (Figura 2 (c)).

A solução do cromóforo foi realizada pela adição de 4 mL de tolueno, formando uma solução bifásica (Figura 2 (d)), após agitação vigorosa por 10 segundos no vortex. A fase aquosa foi aspirada e transferida para uma cubeta de vidro, para quantificação dos níveis de prolina livre nas folhas, em espectrofotômetro SP-2000 U.V, com comprimento de onda 520 nm. Foi também utilizada uma amostra em branco, somente com tolueno.



Figura 2: (a) folha macerada com nitrogênio líquido; (b) material sendo filtrado; (c) amostras no gelo (d) solução bifásica contendo toluol.

Para determinar a curva padrão utilizaram-se alíquotas da solução de prolina na concentração inicial de 50 μ M, correspondendo aos seguintes volumes apresentados abaixo.

Tabela 1: Concentração dos reagentes para determinação da curva padrão.

Volume do padrão (mL)	Prolina por tubo (μ mol)	Água (mL)	Glicina 126 Mm (mL)	Ac. Acético glacial (mL)	Reagente nhinhi (mL)
0,0	0,000	2,9	0,1	2,0	2,0
0,4	0,020	2,5	0,1	2,0	2,0
0,9	0,045	2,0	0,1	2,0	2,0
1,4	0,070	1,5	0,1	2,0	2,0
1,9	0,095	1,0	0,1	2,0	2,0
2,4	0,120	0,5	0,1	2,0	2,0
2,9	0,145	0,0	0,1	2,0	2,0

A solução foi agitada por 5 segundos no vortex, antes dos tubos de ensaio ser colocados em banho-maria a 100 °C por 35 minutos. Após esse período, os tubos foram colocados em água com gelo para cessar a reação, e então foram adicionados 4 mL de tolueno. Retirou-se o sobrenadante que foi colocado em cubetas de vidro para a leitura no espectrofotômetro. Com a leitura das amostras elaborou-se a curva padrão, como demonstrado na Figura 3, que mostra a relação entre a concentração de soluto e absorbância.

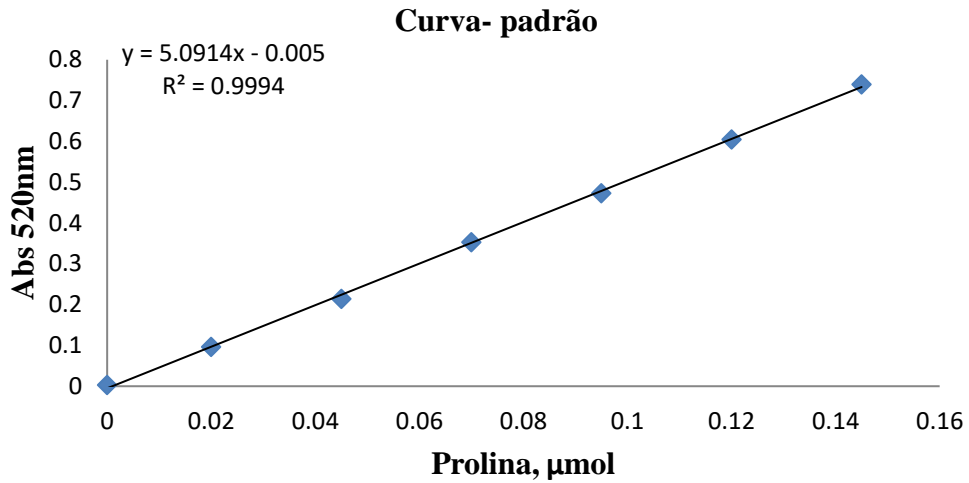


Figura 3: Absorbância em função da concentração de soluto (prolina).

Os teores de prolina foram calculados em μmoles de prolina/g com base na massa fresca, segundo a fórmula: $[(\mu\text{g prolina mL}^{-1} \times \text{mL tolueno})/115,5 \mu\text{g } \mu\text{mol}^{-1}]/[(\text{g amostra})/5] = \mu\text{mol de prolina g}^{-1}$ massa fresca de folhas de trigo.

Cada repetição (amostra) foi representada por um extrato simples, determinado em duplicatas. Foram feitas 60 amostras (5 genótipos x 4 lâminas de água x 3 repetições), em duplicata, totalizando 120 leituras. Os dados foram analisados no programa SISVAR. Os dados foram transformados em $\sqrt{(X + 1)}$.

5. RESULTADOS

De acordo com a Tabela 2 não houve diferenças significativa entre os genótipos com relação às variáveis estudadas (peso de parte aérea, peso de raiz, razão raiz/parte aérea, razão raiz/quilo de solo e concentração de prolina nas folhas) ($p < 0,05$).

Tabela 2: Peso da parte aérea (g/planta), peso de raiz (g/planta), relação raiz/parte aérea, peso de raiz/peso de solo (g/kg solo seco) e teores de prolina (mmol/g peso fresco de folhas) de cinco genótipos de trigo.

Genótipo	Parte aérea	Raiz	Raiz/Parte aérea	Raiz/kg solo	Prolina
Aliança	13,14±1,04 ^a	10,16±0,88 ^a	0,81±0,06 ^a	4,91±1,85 ^{a*}	0,59±0,20 ^{a*}
BR18	13,78±1,04 ^a	10,30±0,88 ^a	0,76±0,06 ^a	5,44±1,85 ^a	0,55±0,20 ^a
Sintonia	14,61±1,04 ^a	9,46±0,88 ^a	0,66±0,06 ^a	4,84±1,85 ^a	1,06±0,20 ^a
CPAC9110	13,84±1,04 ^a	10,69±0,88 ^a	0,78±0,06 ^a	9,79±1,85 ^a	0,63±0,20 ^a
CPAC8318	13,89±1,04 ^a	9,61±0,88 ^a	0,72±0,06 ^a	4,97±1,85 ^a	0,77±0,20 ^a
CV%	22.21	18.66	17.22	113.48	93.08

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Dados transformados em $\sqrt{X + 1}$.

Na Tabela 3 pode-se observar que na comparação entre o maior regime hídrico RH (562 mm) para o de menor RH (222 mm), houve redução de 24,8% do peso de parte aérea na média entre os genótipos de trigo. A razão raiz/parte aérea nos RHs 302 mm e 222 mm foram significativamente maiores que o RH 562, com aumento de 4,8 a 24,8%, respectivamente.

Tanto a média do peso de raiz quanto a razão raiz/kg solo não apresentaram diferença significativa dentre os RHs. O peso de parte aérea apresentou diferença significativa para o regime hídrico de 302 mm e para 222 mm.

Os teores de prolina foram semelhantes entre as lâminas 562 mm, 444 mm e 222 mm e a lâmina de 302 mm apresentou teores de prolina 5,65 vezes maior que a lâmina de 562 mm.

Tabela 3: Peso da parte aérea (g/planta), peso de raiz (g/planta), relação raiz/parte aérea, peso de raiz/peso de solo (g/kg solo seco) e teores de prolina (mmol/g peso fresco de folhas) de quatro regimes hídricos.

Regime hídrico (mm)	Parte aérea	Raiz	Raiz/Parte aérea	Raiz/kg solo	Prolina
562	15,34±0,80 ^a	9,98±0,49 ^a	0,66±0,03 ^b	5,21±1,78 ^a	0,32±0,17 ^b
444	15,73±0,80 ^a	10,67±0,49 ^a	0,70±0,03 ^{ab}	5,47±1,78 ^a	0,43±0,17 ^b
302	12,79±0,80 ^b	9,91±0,49 ^a	0,79±0,03 ^a	8,70±1,78 ^a	1,81±0,17 ^a
222	11,53±0,80 ^b	9,59±0,49 ^a	0,83±0,03 ^a	4,81±1,78 ^a	0,40±0,17 ^b

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
 Dados transformados em $\sqrt{X + 1}$.

Conforme a Tabela 4 observou-se que os genótipos de trigo tiveram comportamento diferente na correlação entre as variáveis morfológicas. Todos os genótipos de trigo apresentaram correlação positiva entre o peso de raiz e o peso de raiz/kg solo, com exceção do CPAC 9110. A correlação entre peso da parte aérea e peso de raiz/kg solo foi positiva e significativa para os genótipos BR 18 e CPAC 8318. O peso seco de raízes correlacionou-se positivamente com o peso da parte aérea nos genótipos BR 18 e CPAC 8318, com valores de 0,654 e 0,829, respectivamente. Para a razão peso de raiz/peso da parte aérea e peso de raízes, houve correlação significativa e negativa (-0,862) somente para o Aliança. Na razão peso de raízes/peso da parte aérea com o peso de raízes, houve correlação positiva para o Sintonia e CPAC 8318. Os teores de prolina não se correlacionaram com nenhuma variável morfológica nos genótipos estudados.

Tabela 4: Correlação de Pearson para cada genótipo de trigo entre as variáveis: peso da parte aérea (PA), peso de raízes (PR), peso de raízes/kg solo (R/kg), razão raiz/parte aérea (PR/PA) e teores de prolina nas folhas (pro).

ALIANÇA					
	PA	PR	Rkg	PR/PA	Pro
PA	1	0,473	0,360	-0,862**	0,028
PR		1	0,578*	0,001	-0,137
Rkg			1	-0,170	0,07
PR/PA				1	-0,222
Pro					1
BR18					
PA	1	0,654*	0,695*	-0,501	-0,237
PR		1	0,940**	0,317	-0,138
Rkg			1	0,216	-0,018
PR/PA				1	0,098
Pro					1
SINTONIA					
PA	1	0,552	0,554	-0,263	-0,361
PR		1	0,982**	0,648*	0,103
Rkg			1	0,623*	0,077
PR/PA				1	0,554
Pro					1
CPAC9110					
PA	1	0,238	0,538	-0,434	0,093
PR		1	0,165	0,762**	-0,508
Rkg			1	-0,994	0,428
PR/PA				1	-0,564
Pro					1
CPAC8318					
PA	1	0,829**	0,776**	-0,493	-0,080
PR		1	0,971**	0,065	0,123
Rkg			1	0,122	0,126
PR/PA				1	0,427
Pro					1

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

6. DISCUSSÃO

Os genótipos estudados não apresentaram diferenças de comportamento entre si nas avaliações morfofisiológicas. O peso da parte aérea, raiz, e a razão raiz parte aérea foram as únicas variáveis que apresentaram diferença entre os regimes hídricos avaliados. A redução da parte aérea foi mais severa na lâmina 222 mm. Essa redução pode ser apontada como um método estratégico da planta para sobreviver às condições adversas do clima, pois dessa forma é evitada a perda de água por meio da redução da evapotranspiração (KOZLOWSKI, 1976).

Os resultados deste trabalho são corroborados por Coêlho & Oliveira Júnior (1990) que explica quando a planta sob estresse hídrico tem-se o comprometimento do seu desenvolvimento, tendo em vista que o crescimento das plantas é condicionado pela formação dos tecidos, de forma a ocorrer a expansão e diferenciação celular e essas são afetadas pela escassez de água do solo ocasionando a redução da área foliar.

O aumento do déficit hídrico sob a concentração de prolina não apresentou diferença estatística entre os genótipos o que não era esperado, tendo em vista que em outros trabalhos na literatura demonstram diferenças entre genótipos para várias culturas, como pimenta (OKUNLOLA et. al., 2016); trigo (FUMIS & PEDRAS, 2002); cana-de-açúcar (JÚNIOR et al., 2016). Segundo os dados da matriz de correlação (Tabela 3), o peso de raízes correlacionou-se com o peso de raízes/kg solo para quatro dos cinco genótipos de trigo. O desenvolvimento das raízes é um aspecto positivo, e pode estar relacionado com o mecanismo de tolerância ao estresse hídrico uma vez que as plantas direcionam o crescimento radicular para ampliar a área para a absorção de nutrientes. Correia & Nogueira (2002) trabalhando com amendoim (*Arachis hypogaea*) submetido a déficit hídrico obtiveram resultados semelhantes. Os genótipos Sintonia, CPAC 8318 e o BR 18 foram os que mais se destacaram indicando que podem ser os genótipos mais adaptados a situação de estresse hídrico para tanto se faz necessário estudos correlacionando com os índices de produtividade, vale salientar que o CPAC 8318 é designado para área irrigada. Para o genótipo CPAC 9110, só houve correlação entre peso de raízes e razão peso de raízes/peso da parte aérea (0,762). Segundo Lawlor & Uprety (1993), as plantas cultivadas sob condições de seca tendem a redirecionar carbono para as raízes.

7. CONCLUSÕES

A característica peso de raízes pode ser um bom indicador de genótipo tolerante ao déficit hídrico.

Os genótipos apresentaram comportamento semelhante sob condições de estresse hídrico.

A prolina não variou para os genótipos avaliados, somente variando nos regimes hídricos.

8. REFERÊNCIAS

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br> Acesso em 06 mai. 2019.

AMIST, N; SINGH, N.B.(2017).Responses of enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in wheat seedlings under stress. *Allelopathy Journal* 42 (2): 195-206.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advances in Agronomy*, v. 111, p. 249-296, 2011.

BATISTA, F. P. D. S. **POTENCIAL DE TOLERÂNCIA À SECA DE GENÓTIPOS DE TRIGO E SOJA EM CONDIÇÕES DE CERRADO**. 2017. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília/Df, 2017.

BILIBIO, C. et al. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.730-735, 2010.

BRASIL.Ministerio do Meio Ambiente. **Bioma do Cerrado**. Brasília-DF. Disponível em <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>, acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017. 86 p. ISBN 978-85-8210-051-6

CARLIN, S. D.; SANTOS, D. M. M. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 44, p. 1106-1113, 2009.

CARGNIN, A. et al. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 41, p. 987-993, 2006.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. **Desempenho agronômico do feijão caupi**, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza v. 37, p. 12-105, 2006.

CONDÉ, A.B.T. et al. Desempenho agronômico de genótipos de trigo em duas condições de cultivo: Sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 7, p.473-477, 1 nov. 2012. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1785>.

CONDÉ, A.B.T.; COELHO, M.A. de O.; YAMANAKA, C.H.; CORTE, H.R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.1, p.45-52, 2010

CONSERVATION INTERNATIONAL. **Biodiversity hotspots**. Disponível em <http://www.biodiversity_hotspots.org/xp/Hotspots/cerrado/index.xml>. Acesso: 15 Abr. 2019.

COUTINHO, L.M; KLEIN, A.L. O Bioma do Cerrado: Eugem Warming e o cerrado brasileiro: um século depois, Ed.1. São Paulo, 2002 p.77-91.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Org.) *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo** / organizadores Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, 2017. 218 p. Disponível também em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 03 Abr. 2019.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura de trigo: análise dos custos de produção e rentabilidade nos anos- safra 2009 a 2017** Brasília: CONAB, v. 1 (2016). Brasília:Conab, 016-Disponível também em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 03 Abr. 2019.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo** / organizadores Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: CONAB, 2017. 218 p. Disponível também em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: 25 Mar. 2019.

CORREIA G. K.; NOGUEIRA M. C.; REJANE J. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 4, núm. 2, segundo semestre, 2004 Universidade Estadual da Paraíba Paraíba, Brasil

CUNHA,G.R et **Regiões de adaptação para trigo no Brasil**. Passo Fundo Dez.: Embrapa trigo, 2006.35p.(Embrapa trigo: Circular Técnica 20).

COELHO, E. F.; COELHO F.; MAURÍCIO A.; OLIVEIRA, S. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola.**, Cruz das Almas v. 1, p.57-60, set. 2005.

COELHO, K. J. F.; OLIVEIRA, J. O. L. Efeito da deficiência hídrica no solo sobre a eficiência no uso de água e a produção de matéria seca de duas cultivares de milho (*Zea mays*). **Agropecuária Técnica**, v.11, p.24-40, 1990.

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. *Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro* 21: 125-134. 1977.

FARIAS, J. R. B. Dinâmica da água no sistema solo-água-atmosfera: déficit hídrico em culturas. **ITEM**. p. 32-37, 2005.

FARIAS, R, A.; MINGOTI R,.; HOLLER W, A.; SPADOTTO A, C.; FILHO L, E.; MORI, D, C.; CUNHA R, G.; DOSSA, A, A.;FERNANDES, C, M, J.; SILVA, S, M. Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da área de cultivo- Brasil Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016.42 p.(Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 85)

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 1198 p.

FEDERIZZI, L. C.; SCHEEREN, P. L.; BARBOSA NETO, J. F.; MILACH, S. C. K.; PACHECO, M. T. **Melhoramento do trigo** : Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p. 427-452.

FUMIS, Terezinha de Fátima; PEDRAS, José Figueiredo. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetido a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 37, p.449-453, abr. 2002

GIROTTI, Larissa et al. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. **Revista. Ceres, Viçosa**, v. 59, p.192-199, abr. 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/936873/1/2012revistaceresv59n2p192.pdf> Acesso em: 29 Jun. 2019.

HANKS, R. J.; SISSON, D. V.; HURST, R. L.; HUBBARD, K. G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p.886-888, 1976.

HE, H.; HE, L. Regulation of gaseous signaling molecules on proline metabolism in plants. **Plant Cell Reports**, [s.l.], v. 37, p.387-392, 25 nov. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00299-017-2239-4>. Acesso em: 27 Abr. 2019.

KISHOR, P. B. K.; SANGAM, S.; AMRUTHA, R.N.; LAXMI, P. S.; NAIDU, K. R.; RAO, K. R. S. S.; RAO, S.; REDDY, K. J.; THERIAPPAN, P.; SREENIVASULU, N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, , v.88, p.424-438, 2005.

KOZLOWSKI, T. I. Water supply and leaf shedding. In: Water deficits and plant growth. New York: Academic Press, 1976. n.4, p.191-222.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; LINS, P. A. de A.; SOUZA, D. L. de. **Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 37 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).

LAWLOR, D. W.; UPRETY, D. C. Effects of water stress on photosynthesis of crops and the biochemical mechanism. In: **Abrol YP, Mohanty P, Govinjee**, Eds. Photosynthesis: photoreactions to plant productivity. New Dehli: Oxford and IBH Publishing Co. PVT. Ltd v.1, 1993. p.419-449.

LEÓN, A.E.; ROSELL, C. M. **De tales harinas, tales panes.**: Granos, harinas y productos de panificación en iberoamérica. Córdoba : Edición Literaria A Cargo De: Alberto Edel León y Cristina Rosel, 2007. 480 p.

LEHNINGER N.D.L. (2006). Principios de bioquímica. São Paulo.

LOPES, L. C. et al. Perfil de distribuição de água por um aspersor rotativo de impacto para uso em sistemas de aspersão com linha única. **Magistra**, v. 23, p. 193 - 199, 2011.

LIMA, L. A.D. C. **Tolerância Ao Déficit Hídrico De Eventos De Trigo Transformados Com Gene P5cs**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Pará, Marechal Cândido Rondon, 2010.

MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, p.660-666, 2013.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. A apropriação do cerrado pelo agronegócio e os novos usos do território. *Revista de Geografia Agrária*, v. 9, p. 6-26, 2014.

MORANDO, R.; SILVA, A. O. S.; CARVALHO, L. C., PINHEIRO, M. P. M. A. Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, p.114-129, 2014.

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

RAMOS, M. L. G.; PARSONS, R.; SPRENT, J. I. Differences in ureide and amino acid content of water stressed soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 40, p.453-458, maio 2005.

RODOLFO JUNIOR, Francisco et al. Respostas fisiológicas em variedades de cana soca submetidas ao déficit hídrico. **Irriga, Botucatu, Brasília** v. 4, p.806-816, Dez. 2016.

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

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, D. D. et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p.836-842, 21 maio 2012.

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

SANTANA, P. D. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 62p. Embrapa Milho e Sorgo (Circular Técnica, 30).

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L. de; CAIERAO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa: 2015. p. 35-55. Ufv.

SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; OLIVEIRA, A. D. de; MULLER A. G.; **Climatologia da estação principal da Embrapa Cerrados: 1974 a 2013**. Brasília: Embrapa, 2016.

SILVA ORTEGA, C.O; OCHOA-ALFARO, A.E; REYES-AGUERO,J.A; AGUADO-SANTA CRUZ,G.A; JIMÉNEZ-BREMONT, J.F. Salt stress increases the expression of P5CS gene and induces proline accumulation in cactus pear. Académie des sciences. Published by **Elsevier Masson SAS**.2007.

SILVA, E. M.; AZEVEDO de; J. A. de; LIMA, J. E. F. W. Utilização dos recursos hídricos na agricultura irrigada do Cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura Tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, Df: Embrapa, 2008. Cap. 2. p. 63-92.

SOUSA, Sérgio Antônio Veronez de; PERES, Fernando Curi. Programa Computacional Para Simulação Da Ocorrência De Veranicos E Queda De Rendimento1. **Pesq. Agropec. Bras., Brasília,** Brasília- Df, v. 33, p.1951-1956, dez. 1998.

SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. *Journal of Plant Physiology*, v.162, p.854-862, 2005.

STRANGE, K. **Cellular volume homeostasis**. *Advances in physiology education*, v.28, p.155-159, 2004.

SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. **Journal of Plant Physiology**, v.162, p.854-862, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VERSLUES, P. E.; SHARMA, S. Proline Metabolism and its implications for plant-environment interaction. **Institute of Plant and Microbial Biology**, Academia Sinica, 2010.

WILLADINO, L. ; CAMARA, R. T. **Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos.** Enciclopédia Biosfera, centro Científico Conhecer Goiânia., v. 6, p.02-23, 2010

ZHANG, M.; L.V., D.; GE, P.; BIAN, Y.; CHEN, G.; ZHU, G.; LI, X., YAN, Y. Phosphoproteome analysis reveals new drought response and defense mechanisms of seedling leaves in bread wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Proteomics**, v. 109, p. 290-308, 2014.