UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CARACTERÍSTICAS FITOMÉTRICAS DE TRIGO ADUBADO COM NITROGÊNIO:POTÁSSIO E NITROGÊNIO:ENXOFRE NO CERRADO MATO-GROSSENSE

RAPHAEL PEREIRA FRANÇA DE PAULA

RONDONÓPOLIS - MT

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CARACTERÍSTICAS FITOMÉTRICAS DE TRIGO ADUBADO COM NITROGÊNIO:POTÁSSIO E NITROGÊNIO:ENXOFRE NO CERRADO MATO-GROSSENSE

RAPHAEL PEREIRA FRANÇA DE PAULA

Engenheiro Agrícola e Ambiental

Orientador (a): Prof^a. Dra. EDNA MARIA BONFIM DA SILVA

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RONDONÓPOLIS – MT

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P324c Paula, Raphael Pereira França de.

CARACTERÍSTICAS FITOMÉTRICAS DE TRIGO ADUBADO COM NITROGÊNIO:POTÁSSIO E NITROGÊNIO:ENXOFRE NO

CERRADO MATO-GROSSENSE / Raphael Pereira França de Paula. -- 2020

60 f.: il. color.; 30 cm.

Orientadora: 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, 2020.

Inclui bibliografia.

1. Triticum aestivum. 2. adubação nitrogenada. 3. BRS 394. 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: "CARACTERÍSTICAS FITOMÉTRICAS DE TRIGO ADUBADO COM NITRO-GÊNIO:POTÁSSIO E NITROGÊNIO:ENXOFRE NO CERRADO MATO-GROSSENSE"

AUTOR: Mestrando Raphael Pereira França de Paula

Dissertação defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2020.

Presidente da Banca / Orientadora: Doutora Edna María Bonfim da Silva

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

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

Examinador Interno: Doutora Maria Aparecida Perez de Oliveira Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Externo: Doutor João Ângelo Silva Nunes Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Suplente: Doutor Everton Alves Rodrigues Pinheiro

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Rondonópolis, 28 de fevereiro de 2020.

OFEREÇO

Petrina Cardoso Pereira
Ivelise Cardoso Pereira
Idelise Pereira Mercante
Rafaella Pereira França de Paula
Luana Glaup Araújo Dourado
Pelo apoio ao longo dessa jornada.

DEDICO

Aos meus pais

Luzinete Alves Pereira (in memoriam)

Leôncio Balbino de Paula Neto (in memoriam)

Saudades e recordações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades me dadas ao longo de minha vida e por sempre ser um porto seguro nos momentos de dificuldades.

A minha mãe por sempre estar presente em pensamentos e ao meu pai que esteve presente em grande parte dessa caminha, porém agora somente em pensamentos.

Aos meus familiares por todo apoio recebido durante essa caminhada, sendo minha base para tudo. A família da Luana, em especial a Dona Nilza e Adrielly, por me receberem tão bem em sua casa. A Luana Dourado por todo amor e cuidado, sem você não teria conseguido.

À professora Dr^a. Edna Maria Bonfim-Silva por ter me escolhido como orientado e ser um exemplo a ser seguido. Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, por todo ensinamento e dedicação, em especial ao professor Dr. Tonny José Araújo da Silva.

Aos colegas de turma Douglas, Juan, Rita, Tássia, Wagner e Wellington pelas experiências vividas e apoio mutuo durante todo o Mestrado. Aos colegas Bency, José Roberto e Júlio. A Carol Silva Alves do Santos por todo com companheirismo ao longo dessa jornada.

Aos integrantes do Grupo de Práticas de Água e Solo (GPAS) pela colaboração. À Embrapa Trigo Brasília pelas sementes utilizadas no experimento. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Á Universidade Federal de Mato Grosso, pela oportunidade de cursar a graduação e mestrado. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pela bolsa de estudo.

Meu muito OBRIGADO!

CARACTERÍSTICAS FITOMÉTRICAS DE TRIGO ADUBADO COM NITROGÊNIO:POTÁSSIO E NITROGÊNIO:ENXOFRE NO CERRADO MATO-GROSSENSE

RESUMO - A cultura do trigo vem sendo cultivada principalmente na região Sul do Brasil, com potencial para expansão para outras regiões como Centro-Oeste. Altas produtividades vêm sendo alcançadas nessa região, devido ao melhoramento genético, onde são desenvolvidas cultivares adaptadas para o clima da região e através do manejo de adubação. Os solos do Cerrado possuem baixa fertilidade natural, entretanto, com a correção da acidez do solo e a aplicação de fertilizantes há um aumento na produtividade dos cultivos agrícolas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar as características fitométricas do trigo irrigado adubado com combinações de nitrogênio e potássio e nitrogênio e enxofre em dois anos consecutivos de cultivos no Cerrado mato-grossense. Foram realizados simultaneamente dois experimentos: nitrogênio/potássio 1: combinações de е experimento nitrogênio/enxofre nos anos de 2018 e 2019, na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5² fracionado. No primeiro experimento foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0, 70, 140, 210 e 280 kg ha-1) com cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e no segundo experimento foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0, 70, 140, 210 e 280 kg ha 1) com cinco doses de enxofre (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹), com quatro repetições. As variáveis analisadas correspondentes ao crescimento e desenvolvimento das plantas de trigo ocorreram aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE), avaliando altura de plantas, número de folhas, número de perfilhos, acamamento, comprimento de espiga, diâmetro de espiga e comprimento do pedúnculo nos dois anos de cultivo. As variáveis respostas foram submetidas à análise de variância e teste de regressão, ambos com até 5% de probabilidade de erro pelo Software R (R Core TEAM, 2018). As características fitométricas da Cultivar BRS 394 foram influenciadas pelas doses de nitrogênio:potássio e nitrogênio:enxofre aplicadas ao solo. As combinações de doses de nitrogênio de 187,86 a 262,22 Kg ha-1 combinadas com as doses de potássio de 74,62 a 183,92 Kg ha⁻¹, promovem as melhores respostas às variáveis fitométricas e produtivas avaliadas. E as combinações das doses de nitrogênio de 204,83 a 265,49 Kg ha⁻¹ com as doses de enxofre que variam de 3,16 a 131,76 Kg ha⁻¹, proporcionam os máximos resultados das variáveis analisadas. Desse modo, a adubação nitrogenada com influência de doses de potássio e enxofre aplicados ao solo, proporcionam os melhores resultados para a cultura do trigo cultivar BRS 394 cultivado no Cerrado mato grossense.

Palavras-chave: Triticum aestivum, adubação nitrogenada, BRS 394.

PHYTOMETRIC CHARACTERISTICS OF WHEAT FERTILIZED WITH NITROGEN: POTASSIUM AND NITROGEN: SULFUR IN THE CERRADO MATO-GROSSENSE

ABSTRACT - The wheat crop has been cultivated mainly in the southern region of Brazil, with the potential to expand to other regions such as the Midwest. High yields have been achieved in this region, due to genetic improvement, where cultivars are developed adapted to the region's climate and through fertilization management. The Cerrado soils have low natural fertility, however, with the correction of soil acidity and the application of fertilizers there is an increase in the productivity of agricultural crops. In this context, the objective was to evaluate the phytometric characteristics of irrigated wheat fertilized with combinations of nitrogen and potassium and nitrogen and sulfur in two consecutive years of cultivation in the Cerrado of Mato Grosso. Two experiments were carried out simultaneously: experiment 1: nitrogen / potassium combinations and experiment 2: nitrogen / sulfur in the years 2018 and 2019, in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso, Campus de Rondonópolis. The statistical design used was in randomized blocks in a fractional 52 factorial scheme. In the first experiment five doses of nitrogen (0, 70, 140, 210 and 280 kg ha⁻¹) were used with five doses of potassium (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹) and in the second experiment five doses were used nitrogen (0, 70, 140, 210 and 280 kg ha⁻¹) with five sulfur doses (0, 25, 50, 75 and 100 kg ha⁻¹), with four replications. The analyzed variables corresponding to the growth and development of wheat plants occurred at 15, 30 and 45 days after emergence (DAE), evaluating plant height, number of leaves, number of tillers, lodging, ear length, ear diameter and stalk length in the two years of cultivation. The response variables were subjected to analysis of variance and regression test. both with up to 5% probability of error by Software R (R Core TEAM, 2018). The phytometric characteristics of Cultivar BRS 394 were influenced by the doses of nitrogen: potassium and nitrogen: sulfur applied to the soil. Combinations of nitrogen doses from 187.86 to 262.22 kg ha⁻¹ combined with potassium doses from 74.62 to 183.92 kg ha⁻¹, provide the best responses to the evaluated phytometric and productive variables. And the combinations of nitrogen doses from 204.83 to 265.49 kg ha⁻¹ with sulfur doses ranging from 3.16 to 131.76 kg ha⁻¹, provide the maximum results of the analyzed variables. Thus, nitrogen fertilization influenced by doses of potassium and sulfur applied to the soil, provide the best results for the cultivation of wheat cultivar BRS 394 grown in Cerrado mato grossense.

Keywords: Triticum aestivum, nitrogen fertilization, BRS 394

SUMÁRIO

Página

1.	. INTRODUÇÃO				
		10			
2.	REVI	SÃO BIBLIGRÁFICA	12		
2.1	Α	cultura do trigo	12		
2.2	N	litrogênio no solo e na planta	13		
2.3	Р	otássio no solo e na planta	14		
2.4	Eı	nxofre no solo e na planta	16		
2.5	In	nteração entre os nutrientes	17		
2.5.	1	Nitrogênio:Potássio	17		
2.5.	2	Nitrogênio:Enxofre	17		
3.	MATE	ERIAL E MÉTODOS	19		
4.	RESU	JLTADO E DISCUSSÃO	29		
4.1	E	XPERIMENTO 1: NITROGÊNIO:POTÁSSIO	29		
4.1.	1	Altura de plantas	29		
4.1.	2	Número de folhas	31		
4.1.	3	Número de perfilhos	33		
4.1.	4	Comprimento de pedúnculo	36		
4.1.	5	Comprimento de espiga	37		
4.1.	6	Acamamento	39		
4.2	E	XPERIMENTO 2: NITROGÊNIO: ENXOFRE	40		
4.2.	1	Altura de planta	40		
4.2.	2	Número de folhas	43		
4.2.	3	Número de perfilhos	46		
4.2.	4	Comprimento de pedúnculo	48		
4.2.	5	Comprimento de espiga	49		
4.2.	6	Acamamento	52		
5.	CON	CLUSÕES	53		
6.	REFE	ERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54		

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do trigo vem sendo cultivada principalmente na região Sul, com potencial para expansão para outras regiões como Centro-Oeste. A região Centro-Oeste mesmo apresentando pouca área plantada vem obtendo produtividades médias maiores que a região Sul, a produtividade no Centro-Oeste na safra de 2019 foi de 3.365kg ha⁻¹ contra 2.514kg ha⁻¹ da região Sul (CONAB, 2019). Essas altas produtividades da região Centro-Oeste são devidas as pesquisas que estão sendo realizadas, como: melhoramento genético para adaptar as plantas para o clima da região e manejos com adubações.

O trigo é uma boa opção de rotação de cultura para os produtores rurais da região de Cerrado, gerando benefícios como a quebra do ciclo de pragas e doenças, diminuição da ocorrência de plantas daninhas resistentes (utilização de princípios ativos diferentes no controle), cobertura do solo e aumento de matéria orgânica.

A região do Cerrado possui em seus solos, em sua maioria, características de baixa fertilidade natural, porém, a utilização de técnicas, fertilizantes e incorporação de matéria orgânica pelo sistema de plantio direto, promovem uma melhora na fertilidade do solo (CASTANÕN, 2019). O estado nutricional das plantas está estritamente relacionado com a produtividade e a qualidade final dos grãos, e entre os nutrientes que mais limitam a produtividade e as características desejáveis dos grãos de trigo, estão o nitrogênio, o potássio e o enxofre (STIPP & CASARIN, 2010).

O nitrogênio é o nutriente mais requerido pelas culturas. Segundo Bredemeier (2010), o nutriente que mais frequentemente limita a produção de trigo, é o nitrogênio. A deficiência de nitrogênio nas plantas, gera clorose nas folhas, menor perfilhamento, menor produtividade e teor de proteínas nos grãos (BREDEMEIER, 2010), no entanto o uso de doses elevadas podem gerar dificuldades nas colheitas devido ao acamamento, redução da produção de grãos e até problemas ambientais com o excesso de nitrato (NO3-) no lençol freático. Sendo assim importante o uso de doses adequadas para atingir boas produtividades de grãos, e que seja viável economicamente e sem riscos ao meio ambiente.

A adubação nitrogenada promove o crescimento e influencia no alongamento do colmo das plantas, contribui para a formação de trigo com uma melhor qualidade

aumentando também a produtividade, entretanto esse maior crescimento nem sempre é favorável, pois o maior desenvolvimento pode deixar a planta mais suscetível ao acamamento (RODRIGUES & VARGAS, 2002; ESPINDULA et al., 2010; BONFIM-SILVA et al., 2018).

Fornecer ao trigo um suprimento adequado de potássio confere a cultura uma maior resistência ao acamamento, pois aumenta a formação de esclerênquima nas paredes celulares do colmo, ficando mais resistentes a possíveis rupturas, e maior desenvolvimento radicular o que leva a uma maior fixação da planta no solo, além disso a deficiência de potássio em plantas de trigo pode gerar acamamento, baixa produtividade e um aumento na incidência de doenças (VIANA, 2007)

Além do nitrogênio, o enxofre é outro nutriente fundamental para qualidade tecnológica da cultura do trigo, pois participa na formação de aminoácidos, desempenha papel importante no metabolismo das plantas, atua como ativador enzimático e é constituinte de proteínas que formam o glúten (glidinas e gluteninas) na cultura do trigo, além de ser fundamental na formação de clorofila (DUKE & REISENAUE, 1986; WIESER et al., 2004; RODRIGUES & TEIXEIRA, 2010). A sua deficiência pode causar consequências significativas na produtividade e na qualidade de grãos de trigo, sendo a fase reprodutiva a mais sensível à deficiência de enxofre no solo (McGRATH et al., 1996; JARVAN et al., 2008).

Partindo-se da hipótese que esses nutrientes possuem influência nas características fitométricas das plantas com interação das doses nitrogênio e potássio e nitrogênio e enxofre, objetivou-se no presente estudo, avaliar as características fitométricas do trigo irrigado adubado com combinações de nitrogênio e potássio e nitrogênio e enxofre em dois anos consecutivos de cultivos no Cerrado matogrossense.

2. REVISÃO BIBLIGRÁFICA

2.1 A cultura do trigo

O trigo é uma planta monocotiledônea da família Gramineae, tribo Triticae e gênero Triticum, o trigo é cultivado e utilizado na alimentação através de três espécies: *Triticum aestivum, Triticum durum* e *Triticum compactum* (CRUZ & KOBLIZ, 2011). Das espécies de trigo a mais antiga é a *Triticum aestivum* (trigo comum).

O trigo é uma cultura de ciclo anual, sendo um dos cereais com maior produção mundial, possuindo uma grande variedade de cultivares, e através do melhoramento genético, a cultura do trigo apresenta grande adaptação edafoclimática, permitindo assim que o trigo seja cultivado em diversas regiões com climas desérticos ou em regiões com alto índice de precipitação (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007).

O ciclo vegetativo do trigo é dividido em fases que podemos definir como: de emergência, perfilhamento, elongação, emborrachamento, espigamento, floração e amadurecimento. O ciclo do trigo vai variar conforme a cultivar escolhida para o plantio, se ela é específica para o período do cultivo, de acordo com o fotoperíodo, as temperaturas e a quantidade de água que estará disponível para a cultura (LIMA, 2010).

O trigo ocupa, a segunda posição entre os cereais na escala mundial, ficando atrás do milho e seguido pelo arroz. O grão produzido é transformado em farinha, podendo ser consumida como pão, massa, bolo, biscoitos entre outros alimentos. O trigo que não atinge o padrão de qualidade é destinado para o consumo animal, podendo também ser semeado estritamente como forragem, na forma de feno, ensilagem ou naturalmente em pastejo (EMBRAPA, 2015). Segundo Miranda (2006), 65% da produção de trigo é consumido pelo homem, 20% é destinado a alimentação animal e 15% do trigo serve como semente.

Com a busca constante para o aumento da produção de trigo o manejo da cultura passou a ser estudado detalhadamente. Esse estudo busca a integração de determinadas práticas, melhor época para a semeadura, adequação na densidade de sementes, espaçamento mais recomendado, análise para aumentar a fertilidade do solo, prevenção de doenças e insetos, além de reduzir o acamamento da cultura do trigo (EMBRAPA, 2003). Segundo Zagonel et al. (2002), a produtividade e qualidade

do trigo são definidas em função da cultivar utilizada, das doses de insumos e das técnicas de manejo empregadas.

No Brasil a região Sul é responsável por cerca de 90% da produção do trigo que vem sendo cultivado. O Cerrado Brasileiro vem passando por uma aceleração na produtividade. A região do Cerrado em que se produz trigo abrange os estados da Bahia, de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007).

Segundo a CONAB (2019), a área plantada com trigo em 2019 no Brasil foi de pouco mais de 2 milhões de hectares, 0,2% maior do que no ano anterior com a produção de 5,2 milhões de toneladas.

A cultivar utilizada nos dois anos de experimento do presente estudo é a BRS 394, caracterizada por ter um alto potencial produtivo, de excelente qualidade industrial para panificação, ciclo precoce e ser resistente ao acamamento, sendo moderadamente resistente a doenças da cultura na região tropical, como à mancha marrom e moderadamente suscetível à brusone e à mancha amarela. A cultivar BRS 394 é indicada para cultivo irrigado por aspersão no período de seca no estado de Mato Grosso (ALBRECHT et al., 2016).

2.2 Nitrogênio no solo e na planta

O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos por gramíneas como o trigo e por diversas vezes não é fornecido na quantidade correta para a cultura, o desenvolvimento de práticas e pesquisas que permitam o aperfeiçoamento no manejo dos insumos aplicados, podem contribuir com o aumento da produtividade e redução de custos (VIANA & KIEHL, 2010).

De modo geral o nitrogênio é o nutriente mineral mais exigido pela cultura, mesmo que a atmosfera seja composta por aproximadamente 79% de nitrogênio na forma de N₂, essa é uma fonte natural gasosa e não aproveitável diretamente pelas plantas, um dos processos para a fixação do N₂ é a fixação industrial onde ocorre a quebra da molécula para a produção de amônia (NH₃), produto chave para a produção de adubos nitrogenados (FAQUIN, 2005). A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura do Brasil, pela facilidade em sua fabricação proporciona um custo menor para o agricultor, porém a ureia apresenta uma grande limitação em

aplicação superficial no solo em razão da volatilização de NH₃ (TEIXEIRA FILHO, 2010).

No solo a predominância do nitrogênio se dá na forma orgânica (SCHERER et al., 2016), porém a maior parte desse N não encontra-se disponível para a absorção pela cultura, sendo necessário a liberação em formas minerais (NH⁺₄ e NO⁻₃) para que seja absorvido pela planta (URQUIAGA & ZAPATA, 2000). A mineralização do N do solo depende de diversos fatores como: temperatura, umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico presente (MARY et al., 1996).

Conforme Malavolta (1980), o nitrogênio por possuir função estrutural em moléculas de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas e pigmentos é um nutriente essencial para as plantas, também fazendo parte de processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, estimulando o crescimento radicular das plantas.

A utilização de elevadas doses de nitrogênio é fator determinante para o cultivo do trigo, sendo que essas doses podem resultar no acamamento da cultura, que interfere de forma negativa na produtividade e na qualidade do grão (ZANGONEL et al., 2002). Teixeira Filho (2010) reforça que a dose de nitrogênio que corresponde a maior eficiência agronômica muitas vezes não corresponde a maior eficiência econômica, portanto, não será a mais recomentada para o agricultor.

Bonfim-Silva et al. (2018), concluíram que a adubação nitrogenada influenciou nas características fitométricas do trigo irrigado no cerrado, em dois anos de cultivo. Carvalho et al. (2016) concluíram que a incorporação de nitrogênio promoveu ganhos no desenvolvimento do trigo cultivado em Latossolo Vermelho em ambiente protegido.

Pietro-Souza et al. (2013), em estudo que avaliou o desenvolvimento inicial do trigo submetido a doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho do Cerrado obtiveram, com o aumento das doses de nitrogênio, o aumento no número de folhas.

2.3 Potássio no solo e na planta

O potássio no solo é formado pelo K presente na solução do solo, o trocável, o não trocável e o estrutural (SPARKS & HUANG, 1985). A disponibilidade do nutriente para a planta e a capacidade de suprimento, em solos tropicais, está relacionada a existência de minerais primários e secundários, da utilização de adubos e da

capacidade de troca catiônica (CTC), não deixando de lado o que resulta da ciclagem do nutriente pelas plantas (ROSOLEM et al., 2006).

O potássio é absorvido pela planta através do contato íon-raiz, por meio da interceptação radicular, fluxo de massa e difusão. No processo de interceptação radicular a raiz entra em contato com o potássio presente na solução do solo, já no fluxo de massa ocorre a movimentação do potássio juntamente com a solução do solo quando ocorre um gradiente de potencial. Porém, a principal forma de absorção do potássio pelas plantas é a difusão, o potássio na solução do solo encontra-se na forma iônica, K+, se movimenta em curta distância pela solução do solo por diferença de gradiente de concentração do próprio nutriente na solução do solo, onde ele se move do meio de maior concentração para o de menor concentração (MALAVOLTA et al. 2005).

O potássio é o segundo nutriente, mais requerido pelas plantas. Mesmo não fazendo parte de nenhum componente orgânico na planta, o potássio possui funções importantes como a regulação osmótica, ao controlar a abertura e fechamento dos estômatos, influencia na turgidez das células, favorecendo assim resistência ao acamamento, além destas funções mencionadas, o K+, forma que o potássio é absorvido pela planta, atua na ativação enzimática e no processo de absorção iônica (MALVOLTA et al., 2005; FAQUIN, 2005).

A adubação potássica para o trigo pode ser uma alternativa para aumentar a resistência do trigo ao acamamento quando adubado com elevadas doses de nitrogênio, estimulando o melhor aproveitamento do nitrogênio pela planta, possibilitando uma melhor absorção, assimilação e nutrição da planta, aumentando a produtividade e melhorando os níveis de qualidade industrial. Uma adubação correta com nitrogênio e potássio favorece o crescimento e desenvolvimento da cultura do trigo (VIANA & KIEHL, 2010).

Freitas et al. (2018), trabalharam com cinco doses de nitrogênio: 0, 70, 140, 210, 280 kg ha⁻¹ e cinco doses de potássio: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ concluíram que a aplicação de nitrogênio e potássio influenciaram nas características fitométricas da cultura do trigo nos dois anos de cultivos realizados.

2.4 Enxofre no solo e na planta

O enxofre é um macronutriente essencial para a planta. Cerca de 90% do enxofre disponível no solo é proveniente da mineralização da matéria orgânica (KLIEMANN & MALAVOLTA, 1993). A entrada de enxofre no solo pode ocorrer por meio da mineralização, através de chuvas e água de irrigação, pelas adubações mineral e orgânica e por meio da adsorção direta do enxofre atmosférico, já a saída de enxofre do sistema se dá pela absorção da cultura, lixiviação, erosão e emissão de gases sulfurados (OSORIO FILHO, 2006).

O enxofre proveniente de fontes naturais muitas vezes pode ser insuficiente para suprir a demanda das plantas, pois existe uma lentidão no processo de intemperismo dos minerais primários, as disposições da atmosfera ficam na dependência da proximidade de grandes áreas urbanas e a mineralização de matéria orgânica é influenciada por outros fatores (SCHMITT et al., 2018).

O processo de transformação do enxofre no solo está relacionado a processos bióticos e abióticos. As relações bióticas ocorrem pelos processos de mineralização, oxirredução, assimilação de enxofre pela planta e imobilização, já os fatores abióticos ocorrem em função da dessorção, adsorção, dissolução do enxofre inorgânico e precipitação (NORMAN et al., 2002).

A disponibilidade de enxofre é muito importante para a cultura do trigo, pois, em quantidades adequadas ele proporciona uma maior eficiência no uso do nitrogênio por meio da síntese proteica, proporcionando uma melhora na qualidade final da farinha de trigo para o uso e panificação (SGARBIERI,1996). Desta forma a deficiência de enxofre na cultura do trigo pode apresentar uma redução na qualidade final do grão.

Bona et al. (2016), abordaram que solos com baixos teores de enxofre podem levar ao aparecimento de sintomas de deficiência na planta, no trigo ocorre clorose generalizada das folhas mais novas, e o avanço na deficiência do enxofre pode causar o amarelecimento generalizado das folhas de plantas de trigo.

Por mais que as plantas sejam aptas a absorver o enxofre por via foliar, a maior forma para obtenção desse nutriente é pelo sistema radicular. O enxofre encontrado nas células das plantas é absorvido em sua maioria pela solução do solo na forma de

SO₄-2, e o transporte até o sistema radicular é realizado principalmente pelo fluxo de massa (SILVA et al., 2002).

Solos com maior presença de argila e com teores elevados de óxido de ferro apresentam maior capacidade de retenção do SO₄ -2, dessa forma a movimentação no perfil do solo acaba sendo mais lenta. Em solos pouco intemperizados e mais arenosos, o sulfato desloca-se de forma mais rápida para os horizontes subsuperficiais e podem sair do sistema por meio da lixiviação (OSORIO FILHO, 2006).

2.5 Interação entre os nutrientes

2.5.1 Nitrogênio:Potássio

Niu et al. (2013), constataram que a adubação potássica promove aumento na eficiência do uso do nitrogênio pelas plantas. O potássio mesmo não fazendo parte de nenhum composto orgânico da planta, tem o papel de auxiliar na parte estrutural da planta, que acaba sendo benéfico para que não ocorra o acamamento, que pode ser influenciado por doses elevadas de nitrogênio aplicadas ao solo. O motivo para que o potássio trabalhe na redução do acamamento é porque ele proporciona maior turgidez das células, encurtamento dos internódios e aumento da espessura da parede celular (PINTHUS,1973).

Em solos que apresentam baixo teor de potássio disponível, a planta acaba utilizando o nitrogênio disponível de forma ineficiente, gerando perdas financeiras ao produtor rural e danos ao meio ambiente, pois pode ocorrer a lixiviação do nitrogênio para o lençol freático (BRAR et al., 2011). O fornecimento equilibrado na adubação nitrogenada e potássica promove uma maior reposta para as plantas, mas em solos que apresentam deficiência de um desses nutrientes, a não adição pode interferir na resposta do outro nutriente para a cultura, podendo ocorrer redução na produção final e na qualidade da cultura (CANTARELLA, 2007).

2.5.2 Nitrogênio:Enxofre

O fornecimento de nitrogênio e enxofre é fundamental para a cultura do trigo e devem ser fornecidos em quantidades equilibradas para promover o aumento da produção e da qualidade do trigo. Normalmente se prioriza a realização da adubação nitrogenada, deixando de lado a adubação com enxofre, mas para que se aumente a eficiência do nitrogênio é necessário que seja fornecido o enxofre em doses adequadas. O valor considerado crítico na interação nitrogênio:enxofre, na cultura do trigo é 17/1, quando essa proporção se dá em níveis maiores pode ser considerada que existe uma deficiência de enxofre (RANDALL et al, 1981).

Corsi et al. (2007), afirmam que uma forma de avaliar a deficiência do enxofre nas plantas é verificar a relação nitrogênio:enxofre na parte aérea das mesmas. Quando a planta apresenta uma deficiência de enxofre, ocorreu uma redução na produção dos aminoácidos essenciais dos quais o enxofre faz parte (metionina e cistina), o que leva a não formação das proteínas que levam esses aminoácidos, por fim, plantas com deficiência de enxofre não conseguem incorporar o nitrogênio em proteínas (CANTARELLA, 2007).

O equilíbrio entra as quantidades dos nutrientes, nitrogênio e enxofre, existentes no solo e na planta é de vital importância, pois é refletida no estado nutricional da cultura (BONFIM-SILVA & MONTEIRO, 2010). A elevada procura por grãos de trigo que possuam uma boa qualidade industrial tem estimulado as pesquisas ligadas a cultura do trigo, principalmente relacionada a questão nutricional (OLIVOTO et al., 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados simultaneamente dois experimentos na safra de 2018 e 2019, respectivamente, com as combinações de doses de nitrogênio e potássio (experimento 1) e combinações de doses de nitrogênio e enxofre (experimento 2). Ambos experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, localizada geograficamente na latitude 16°27' 54.98" S, longitude 54°34' 41.75" O e altitude de 287 m.

De acordo com Köppen o tipo climático da região é classificado como AW, caracterizado por ser um clima quente e úmido, com verão chuvoso e inverno seco. Os valores respectivos às temperaturas máximas, médias e mínimas durante o cultivo do trigo BRS 394 estão representados na figura 1 e 2. Na safra de 2018 a temperatura máxima foi de 37 °C e a mínima 8,4 °C, com média de 22,6 °C ao longo do experimento (Figura 1). Para a safra de 2019 a temperatura máxima chegou a 35,7 °C e a mínima 6,6 °C, com a média de 23,3 °C no período de condução experimental (Figura 2).

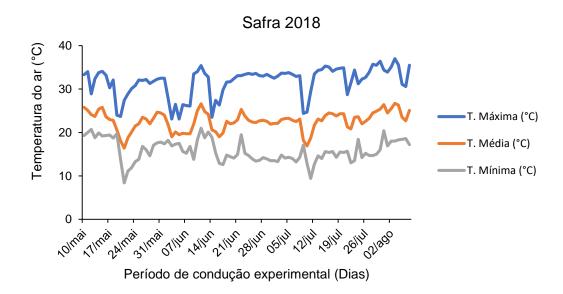


Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento, na safra 2018 (INMET,2020).

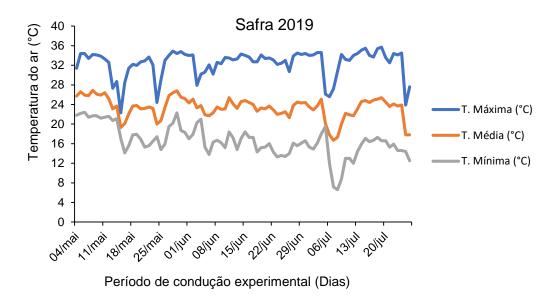


Figura 2. Temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento, na safra 2019 (INMET,2020).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018), que desde 2014 vem sendo cultivado com a cultura do trigo. Foram realizadas coletas de solo das duas áreas experimentais (experimento 1 e 2) para caracterização química e granulométrica nos anos de 2018 e 2019, respectivamente. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,0-0,2 m de profundidade, passadas em peneira de malha de 2 mm de abertura e analisadas de acordo com a metodologia proposta por EMBRAPA (2017) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do Latossolo Vermelho coletado na camada de 0,0-0,2 m na área experimental (Rondonópolis-MT, Brasil).

EXP	рН	Р	K	S	Ca	Mg	Al+H	SB	СТС	МО	V
	CaCl ₂		mg dm ⁻³			С	mol _c dr	1 ⁻³		g dm ⁻³	
N:K 2018	5,32	10,71	122,16	-	2,18	0,85	2,96	3,35	6,32	22,27	53,10
N:K 2019	5,43	13,50	96,60	-	2,63	0,96	3,23	4,05	7,28	26,70	55,81
N:S 2018	5,56	16,52	115,14	60,26	2,15	0,97	3,20	3,09	6,23	26,40	52,25
N:S 2019	5,23	9,02	133,70	10,94	2,09	1,01	3,23	3,11	6,58	23,69	50,84

Os valores da tabela são as médias de todos os tratamentos. Exp.= Experimento; P = Fósforo; K = Potássio; S=enxofre; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Al+H = Alumínio e hidrogênio; S.B = Soma de bases; M.O. = Matéria Orgânica; V = Saturação por Bases; m = Saturação por alumínio; *não foi analisado.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial fracionado 5², com quatro repetições. No primeiro experimento foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0, 70, 140, 210 e 280 kg ha¹) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). No segundo experimento foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0, 70, 140, 210 e 280 kg ha⁻¹) e cinco doses de enxofre (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹). O número de parcelas experimentais foi definido de acordo com o desenho experimental baseado no composto central modificado (LITTEL & MOTT, 1975), constituindo 13 tratamentos, com as combinações de nitrogênio/potássio (kg ha⁻¹), sendo: 0-0; 0-100; 0-200; 70-50; 70-150; 140-0; 140-100; 140-200; 210-50; 210-150; 280-0; 280-100; 280-200 e 13 combinações de nitrogênio/enxofre (kg ha⁻¹), sendo: 0-0; 0-50; 0-100; 70-25; 70-75; 140-0; 140-50; 140-100; 210-25; 210-75; 280-0; 280-50; 280-100.

Cada unidade experimental foi composta por 9 linhas, com 9 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20 m. A área útil de cada unidade experimental foi constituída pelas 7 linhas centrais, sendo desprezado 0,5 m das extremidades, formando uma área útil de 7 m² (Figura 3).



Figura 3. Dimensionamento e área útil da parcela experimental cultivada com trigo BRS 394 no Cerrado mato-grossense.

A adubação nitrogenada, utilizando como fonte a ureia (45% N) foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira no momento da semeadura com 30% da dose recomendada de acordo com cada tratamento e 70% restante em dose única em cobertura (Figura 4) no início do perfilhamento (ocorrência em média 15 dias após a emergência das plantas). O potássio foi aplicado em dose única no suco da semeadura, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (60% K₂O). A adubação com enxofre foi realizada na linha de semeadura em uma única aplicação, a fonte utilizada foi o enxofre elementar em pó (97% S).



Figura 4. Realização da adubação nitrogenada na semeadura do trigo BRS 394 no Cerrado mato-grossense.

A profundidade de semeadura foi de 5 cm, com densidade de 350 sementes viáveis por m². Foram realizados cultivos consecutivos nas safras de 2018 e 2019, a semeadura foi realizada no final do mês de abril, de cada ano (Figura 5).



Figura 5. Semeadura do trigo BRS 394 ano de 2018.

O sistema de irrigação utilizado nos experimentos foi o modelo de aspersão convencional composto por um pulverizador autopropelido, com um conjunto de 12 aspersores com espaçamento de 2,5 m entre eles, a largura total da barra de irrigação utilizada foi de 30 m (Figura 6). Para a determinação das lâminas de água fornecidas à cultura durante o período de condução do experimento (tabela 2), foram utilizados dados coletados na estação meteorológica automática da UFMT- Rondonópolis (localizada próxima a área experimental), onde estimou-se a Evapotranspiração de referência (ETo) pelo método Penman-Monteith, padrão FAO (Allen et al., 1998).

Tabela 2. Lâminas de água fornecidas à cultura do trigo durante o ciclo da cultura. Rondonópolis-MT, Brasil.

EXP	Precipitação	Irrigação	ão Total		
-		mm			
N:K 2018	6,6	285,0	291,6		
N:K 2019	9,0	288,7	297,7		
N:S 2018	6,6	304,5	311,1		
N:S 2019	9,0	250,9	259,9		



Figura 6. Sistema de irrigação em funcionamento na área experimental cultivado com trigo BRS 394.

Variáveis analisadas

Foram avaliadas variáveis de crescimento (altura de plantas e comprimento do pedúnculo) e variáveis de desenvolvimento (número de folhas, número de perfilhos, acamamento, comprimento da espiga e diâmetro da espiga) da cultura do trigo BRS 394.

Para as variáveis altura de plantas, número de folhas e número de perfilhos, as avaliações ocorreram aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE) das plantas. A avaliação do acamamento das plantas foi realizado por ocasião da colheita. Para as demais variáveis a avaliação foi realizada após a colheita das plantas de trigo.

 Altura de plantas: avaliadas no período vegetativo (15 e 30 DAE) em que foi medida a distância (cm) da superfície do solo até a ponta da última folha expandida, já no período reprodutivo (45 DAE), foi medida a distância (cm) da superfície do solo até a extremidade superior da espiga mais alta, amostrando cinco plantas aleatórias na área útil de cada parcela (Figura 7).



Figura 7. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 394 aos 45 dias após a emergência (Safra 2019).

• Número de folhas e perfilhos: contagem manual com seus valores expressos em unidades, em três pontos de 0,33 m linear na área útil de cada parcela, que foram marcados após a emergência e utilizados os mesmos pontos em todas avaliações, totalizando um metro linear (Figura 8).



Figura 8. Representação de três pontos de 0,33 m linear na área útil de cada parcela experimental com plantas de trigo cultivar BRS 395 aos 15 dias após emergência das plantas, para realização das avaliações.

• Acamamento: para a avaliação do acamamento foram utilizados dois métodos, o primeiro uma escala de notas, de 0 a 4 sendo: 0= sem acamamento; 1= 0 - 25% de plantas acamadas; 2= 25 - 50% de plantas acamadas; 3= 50 - 75% de plantas acamadas; 4= 75 - 100% todas as plantas acamadas. O segundo método é o de Petrucci (SOUZA, 1998), onde é realizado um cruzamento dos dados de porcentagem de área acamada com o ângulo do acamamento. A percentagem da parte acamada é dada conforme a escala: 0, 10, 20, 40, 60, 80, 90 e 100. O ângulo, em graus, com a vertical, da inclinação dos colmos, é dado conforme a escala: 0, 15, 30, 45, 60 e 90. O acamamento poderá ser expresso por um número índice, que varia de zero a 100. Nesse caso, a parte acamada é expressa não por percentagem, mas por décimos, 0, 1, 2, 4, 6, 8, 9 e 10; e o ângulo, por números de inclinação: 0, 1, 5 e 10, conforme as relações: Ângulo de 0°-15° = 0, 15°-30° = 1, 30°-60° = 5 e de 60°-90° = 10 (Figura 9).



Figura 9. Parte da parcela acamada no experimento do trigo cultivar BRS 394 cultivado no Cerrado mato-grossense no ano de 2018.

Comprimento e diâmetro da espiga: foram coletadas 10 espigas na área útil,
 para o comprimento da espiga foram realizadas medidas do início da ráquis até a extremidade da espiga (cm) (Figura 10), realizando um média dessas medidas. O

diâmetro da espiga, foi medido com auxílio de um paquímetro digital, medindo na altura do terço médio das 10 espigas coletadas.



Figura 10. Representação para realização do comprimento da espiga de trigo.

• Comprimento do pedúnculo: foram coletadas 10 plantas da área útil de cada parcela experimental e a partir das plantas coletadas foi medido o comprimento do pedúnculo em centímetros do último nó até a base da espiga, como ilustra a figura 11.

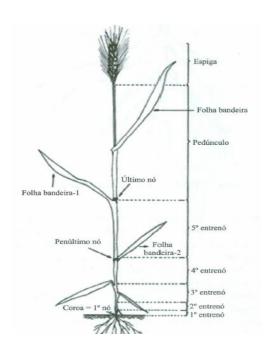


Figura 11. Composição das partes da planta da cultura do trigo. Fonte: Scheeren et al. (1980).

Análise Estatística

As análises estatísticas dos conjuntos de dados foram realizadas pelo Software R v. 3.4.2[®] (R Core TEAM, 2018) até 5% de probabilidade de erro. O modelo de superfície de resposta e os termos (linear, quadrático e interação) foi verificado pela análise de variância e a falta de ajuste ("Lack fit") com nível de significância de até 5% de probabilidade determinada pelo teste F, de acordo com Cirillo (2015).

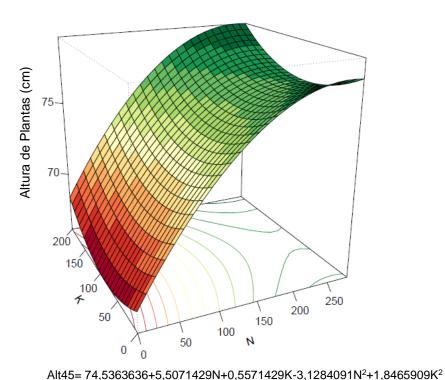
Quando os parâmetros de seleção do modelo de superfície de resposta não foram atendidos, estudou-se os efeitos isolados e a interação dos fatores por meio da análise de regressão polinomial, a partir dos resultados do teste F (p<0,05) da análise de variância e do teste t de Student (p<0,05). A elaboração dos gráficos foi realizada pelo pacote ggplot2 (WICKHAM, 2009) e Lattice (SARKAR, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1: NITROGÊNIO: POTÁSSIO

4.1.1 Altura de plantas

Na Safra 2018 não houve diferença significativa para a altura de plantas para doses de nitrogênio e potássio, nas avaliações realizadas aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE) das plantas. A altura de plantas de trigo cultivado sob doses de nitrogênio e potássio, aos 45 DAE, ajustou-se ao modelo de superfície de resposta quadrático (Figura 12), com a maior altura de planta (76,92 cm) observada na dose de nitrogênio de 263,22 Kg ha⁻¹ e na dose de potássio de 84,91 Kg ha⁻¹.



 $R^2 = 0.52^*$

Figura 12. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 394 submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, aos 45 DAE na Safra 2018.

Para a Safra 2019, observou-se resposta significativa para a adubação nitrogenada nas avaliações de altura de plantas de trigo realizadas aos 15 e 45 DAE. Na avaliação realizada aos 30 DAE a altura de plantas variou significativamente com as doses de nitrogênio e potássio aplicadas à cultura.

As avaliações realizadas aos 15 DAE (Figura 13A) e 45 DAE (Figura 13C), ajustaram-se a um modelo de superfície de resposta linear, sendo assim à medida que se aumentaram as doses de adubação observou-se um aumento na altura de plantas de trigo cultivar BRS 394. A avaliação aos 30 DAE (Figura 13B) ajustou-se a um modelo de superfície de reposta quadrática, obtendo a maior altura de plantas de 45,90 cm nas doses de 187,86 e 183,92 Kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio, respectivamente.

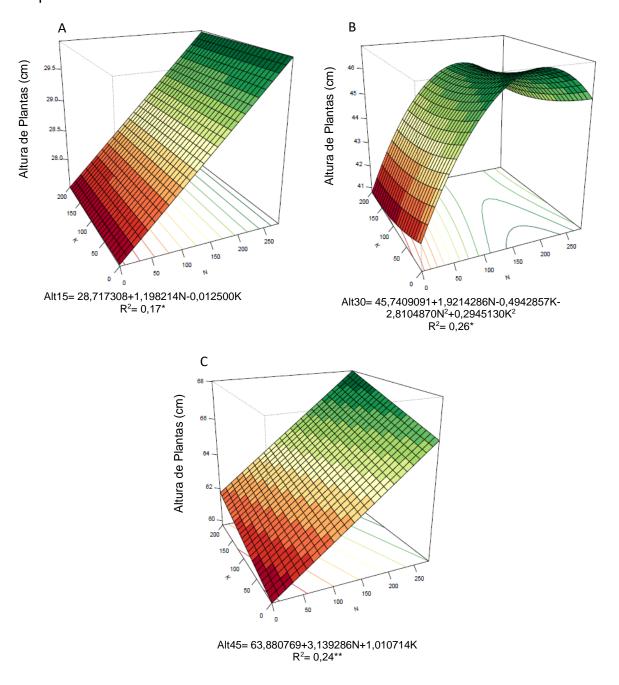


Figura 13. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 394 submetida a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, aos 15 (A), 30 (B) e 45 DAE (C) na Safra 2019.

No ano de 2019 a altura de plantas teve resposta similar nas avaliações aos 15 e 45 dias após a emergência, ocorrendo uma variação na avaliação realizada aos 30 DAE, essa variação pode ser explicada pela infestação de plantas invasoras que competiram com as plantas de trigo durante esse período.

Para Viana & Kiehl (2010), a disponibilidade de nitrogênio e potássio bem como a adequada proporção entre eles no solo são fatores determinantes no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas.

Barbosa et al. (2016) constataram um aumento linear da altura das plantas de trigo em resposta a doses de nitrogênio. Essa variável reforça a capacidade do nitrogênio em contribuir para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois ele atua na constituição de proteínas e na formação de outros constituintes celulares possibilitando um maior desempenho (PRANDO et al., 2013).

O incremento na altura de plantas de trigo com o aumento das doses de potássio ocorre pelo fato desse nutriente ser responsável pela ativação enzimática no processo de transporte do nitrogênio e na eficiência do nutriente, pois apesar de não ser um elemento estrutural o potássio atua no equilíbrio do balanço elétrico na formação do ATP, atuando no processo fotossintético e, consequentemente, no crescimento e desenvolvimento celular, conferindo aumento de tecidos na planta e maior crescimento (STROMBEGER et al., 1994; FAGAN et al., 2016).

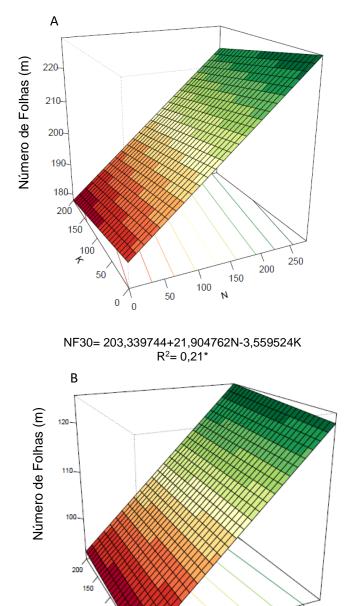
De acordo com Camargo (1970), plantas deficientes em potássio diminuem a taxa fotossintética e aumentam a respiração, reduzindo o suprimento de carboidratos e, consequentemente, o crescimento das mesmas.

Maqssod et al. (2012) estudando a variação de doses de nitrogênio na cultura do trigo, verificaram um incremento de 9,92% na altura das plantas, quando comparado o tratamento controle com a dose de 50 kg ha⁻¹. Saifullah et al. (2002) ao estudarem a cultura do trigo sob doses de potássio no Paquistão observaram incremento significativo na altura das plantas quando comparada a maior dose de 300 kg ha⁻¹ com o tratamento que não recebeu adubação.

4.1.2 Número de folhas

O número de folhas de plantas de trigo na Safra 2018 e 2019, ajustaram-se a um modelo de superfície de resposta linear nas avaliações realizadas aos 30 dias

após a emergências das plantas, com maior produção de 225,53 e 124,45 folhas por metro linear nos anos de 2018 e 2019, respectivamente (Figura 14A, Figura 14B). Dessa forma, foi observado o aumento no número de folhas de plantas de trigo conforme o acréscimo das doses de nitrogênio e potássio para cultivar BRS 394.



NF30= 108,0705128+16,3571429N+0,8571429K R²= 0,23**

Figura 14. Número de folhas por metro linear de plantas de trigo cultivar BRS 394 aos 30 DAE, submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018(A) e 2019(B).

Para Allwood et al. (2015) a assimilação de nitrogênio e carbono é essencial no metabolismo das folhas, observando que os níveis de metabólitos na ausência e na presença de nitrato exercem um impacto expressivo durante o desenvolvimento das folhas da cultura do trigo. Segundo Taiz e Zeiger (2013), o nitrogênio faz parte de diversas funções metabólicas nas plantas, favorecendo o incremento no número de folhas e, consequentemente, o aumento da atividade fotossintética das plantas.

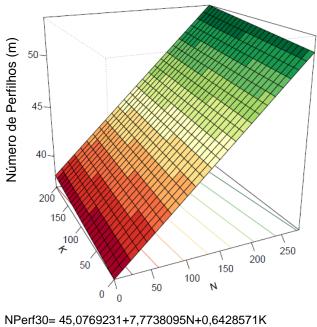
De acordo com Coelho et al. (2007), o potássio atua direta e indiretamente em inúmeros processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos das plantas, como a ativação enzimática, a respiração e a fotossíntese, fatores esses limitantes ao crescimento, acarretando menor emissão e crescimento de folhas.

Conforme Carvalho (2014), o nitrogênio proporciona um incremento no número de folhas na cultura do trigo, o que reforça a importância desse nutriente para o desenvolvimento da planta. Freitas et al. (2018) em trabalho realizado com a cultura do trigo e adubação nitrogenada e potássica, observaram que houve um aumento no número de folhas no segundo ano do cultivo.

Pietro-Souza et al. (2013) em pesquisa realizada em casa de vegetação, sobre a influência da adubação nitrogenada na cultura do trigo, constataram que o incremento nas doses de nitrogênio gerou um aumento significativo no número de folhas em todas as avaliações que foram realizadas ao longo do experimento.

4.1.3 Número de perfilhos

Na safra 2018 o número de perfilhos ajustou-se ao modelo de superfície de resposta linear, na avaliação realizada aos 45 DAE, com a maior quantidade obtida de 52,88 perfilhos por metro (Figura 15). Dessa forma, pode-se inferir que com o aumento das doses de nitrogênio e potássio ocorreu o aumento no número de perfilhos. Nas avaliações realizadas aos 15 e 30 dias após a emergência das plantas não houve diferença significativa entre os tratamentos.



NPert30= 45,0769231+7,7738095N+0,6428571K $R^2 = 0,30^{***}$

Figura 15. Número de perfilhos por metro linear da cultura do trigo cultivar BRS 394 aos 45 DAE, submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

A safra 2019 não apresentou diferença significativa para avaliação realizada aos 45 DAE em função dos tratamentos, porém nas avaliações realizadas ao 15 (Figura 16A) e 30 (Figura 16B) dias após a emergência das plantas, observou-se um comportamento semelhante ao do ano anterior, ambos com ajuste ao modelo de superfície de reposta linear.

O nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção de perfilhos dos cereais, sendo que a emissão e sobrevivência dos perfilhos são influenciadas pela disponibilidade de nitrogênio no solo, já níveis muito baixos de potássio no solo provocam a redução da formação dos mesmos (REJADO, 1980; DWIVEDI, 2001; MUNDSTOCK & BREDEMEIER, 2001). Zahoor et al. (2017) afirmam, que a adição de potássio ao sistema regula o metabolismo do nitrogênio, aumentando sua absorção pela planta, favorecendo a produção.

No entanto, Fiorenze et al. (2019) ressaltam que além da importância da quantidade de perfilhos é necessário que eles sejam férteis para que ocorra uma maior produção do trigo, sendo assim um maior perfilhamento não significa necessariamente que haverá um maior rendimento de grãos.

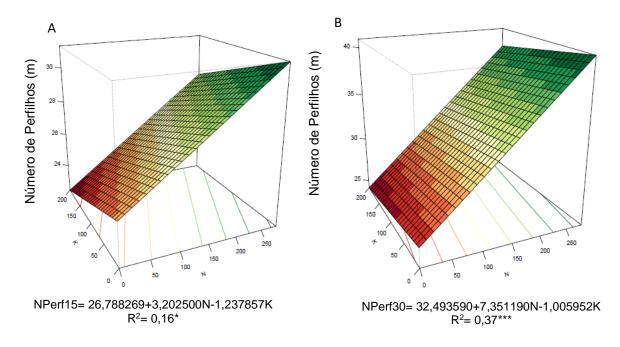


Figura 16. Número de perfilhos por metro linear da cultura do trigo cultivar BRS 394 aos 15 (A) e 30 DAE (B), submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, Safra 2019.

Freitas (2016) trabalhando com a cultura do trigo no Cerrado Mato-grossense, em seu primeiro ano de cultivo com experimento realizado a campo, encontrou o mesmo modelo de superfície de resposta para o número de perfilhos com a adubação nitrogenada, sendo que no segundo ano de cultivo na primeira avaliação realizada a adubação com doses crescente de nitrogênio proporcionou um incremento de 34,43% no número de perfilhos. Martuscello et al. (2006) ao estudarem a cultura do *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai sob quatro doses de nitrogênio, observaram incrementos de 26, 30 e 61% no número de perfilhos quando submetidos as doses de nitrogênio de 40, 80 e 120 mg dm⁻³, respectivamente, quando comparado às plantas que não receberam adubação.

Tahir et al. (2008) ao estudarem doses de potássio na cultura do Trigo no Paquistão, observaram incremento de 22% no aumento do número de perfilhos férteis da cultura com o acréscimo das doses de potássio, quando comparado ao tratamento controle, com a maior produção de 385 perfilhos m⁻² na dose de potássio de 90 Kg ha⁻¹

4.1.4 Comprimento do pedúnculo

A variável comprimento do pedúnculo demostrou efeito significativo na Safra 2018 (Figura 17), ajustando-se a um modelo de superfície de resposta linear, com aumento do comprimento do pedúnculo das plantas da cultivar BRS 394 em reposta ao acréscimo das doses de nitrogênio e potássio. A variável não apresentou resposta significativa para a Safra 2019.

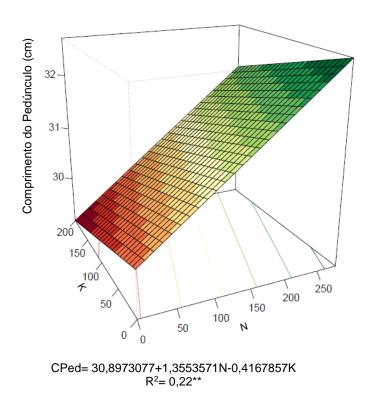


Figura 17. Comprimento do pedúnculo de plantas de trigo cultivar BRS 394 submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

O comprimento do pedúnculo entre outras características estruturais da planta, pode servir como forma de uma seleção indireta para escolha de cultivares resistente ao acamamento de trigo (CRUZ et al., 2011). Portanto a aplicação de baixas doses de nitrogênio pode acarretar em uma queda no rendimento de grãos, pois o menor desenvolvimento do pedúnculo interfere na formação do grão (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

Para Cruz et al. (2011), as cultivares modernas atingiram um patamar que pouco se diferem em características estruturais, entretanto, ainda existe uma relativa

variação quanto ao comprimento do pedúnculo, podendo ser explorada na escolha de diferentes genitores para cruzamento e uma seleção indireta quanto a resistência da planta de trigo ao acamamento.

4.1.5 Comprimento de espiga

No primeiro ano de cultivo (Safra 2018), o comprimento da espiga de plantas de trigo apresentou diferença significativa entre os tratamentos, ajustando-se a um modelo de superfície de resposta quadrático. O maior comprimento de pedúnculo (8,55 cm) foi obtido na dose de 205,32 Kg ha⁻¹ de nitrogênio e 74,62 Kg ha⁻¹ de potássio (Figura 18).

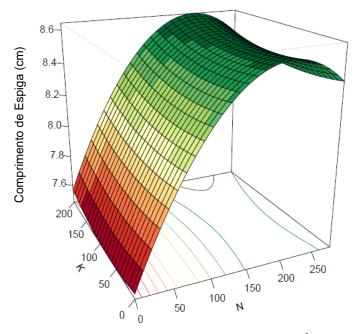


Figura 18. Comprimente de espiga da cultura do trigo cultivar BRS 394 submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, safra 2018.

No segundo ano de cultivo (Safra 2019), o comprimento de espiga apresentou resposta significativa em um modelo de superfície de resposta com efeito linear. O acréscimo na adubação nitrogenada e potássica promoveu um aumento no comprimento da espiga obtendo seu valor máximo de 8,37cm (Figura 19).

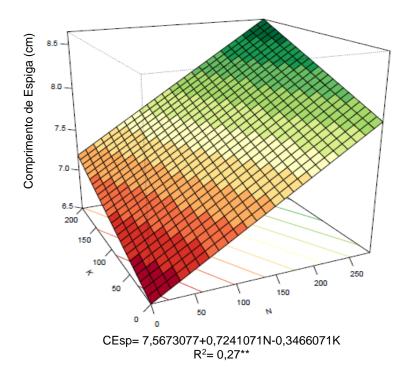


Figura 19. Comprimento de espiga da cultura do trigo cultivar BRS 394 submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, Safra 2019.

Segundo Brar et al. (2011), a capacidade da planta em absorver e utilizar o nitrogênio é a principal vantagem proveniente da relação entre o nitrogênio e o potássio. O nitrogênio exerce função fundamental no metabolismo vegetal, é parte integrante dos aminoácidos e parte constituinte da síntese de proteínas, características fundamentais relacionadas ao crescimento e ao rendimento das culturas (SILVA et al., 2005). Para Basi et al. (2011), o nitrogênio está associado ao crescimento e ao desenvolvimento dos drenos reprodutivos das plantas, além de participar da molécula de clorofila, indispensável na atividade fotossintética do vegetal. Dessa forma, o nitrogênio é essencial ao crescimento vegetativo atuando diretamente na divisão celular, na expansão celular e no processo fotossintético, promovendo consequentemente acréscimo tanto na altura de plantas como no comprimento e produção da espiga (SILVA et al., 2005).

Besen et al. (2018) trabalhando com diferentes fontes de nitrogênio até a dose de 125 kg N ha⁻¹, concluíram que o aumento na aplicação de adubação nitrogenada promoveu incremento no comprimento da espiga, influenciando diretamente o número de grãos da cultura.

Gazola et al. (2014) relataram sobre a influência do nitrogênio ocasionar efeito positivo no comprimento de espiga, o que possibilita uma maior quantidade de grãos por espiga resultando em uma maior produtividade.

4.1.6 Acamamento

Para a variável acamamento de plantas de trigo não foi constatada diferença significativa seguindo o método de Petrucci, porém observou-se efeito significativo para doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo de superfície de resposta linear, para a avaliação pelo método visual sendo que as parcelas mais afetadas tiveram 25% delas acamadas (Figura 20).

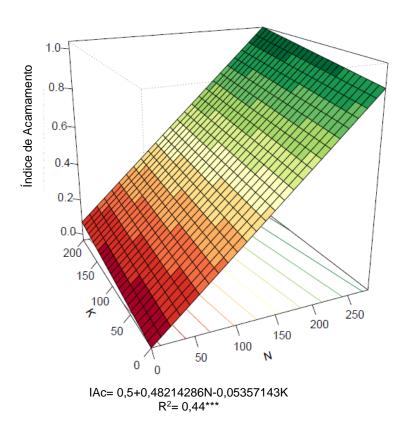


Figura 20. Índice de acamamento pelo método visual na cultura do trigo cultivar BRS 394 submetido a doses de nitrogênio e potássio no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

Barbosa et al. (2016) constataram que o incremento da adubação nitrogenada promove um maior crescimento de plantas de trigo, aumentando o índice de acamamento das plantas, pois devido essa influência do nutriente no crescimento, os

colmos se tornam mais susceptíveis à curvatura nos entrenós basais. De acordo com Pinthus (1973), a adubação nitrogenada aumenta o comprimento dos três primeiros entrenós basais de plantas de trigo em até 15%, aumentando o percentual de acamamento da cultura, pois diminuem a resistência dos colmos às forças exercidas sobre eles, por ação da chuva, vento e irrigação. Ainda segundo o autor, o equilíbrio entre os nutrientes nitrogênio e potássio, podem reduzir o acamamento das plantas de trigo, pois o potássio aumenta a turgidez das células promovendo a maior resistência do colmo das plantas.

Pandro et al. (2013) observaram que o incremento na adubação nitrogenada favoreceu o acamamento de plantas de trigo, ressaltando que o acamamento afeta negativamente na qualidade final do grão da cultura.

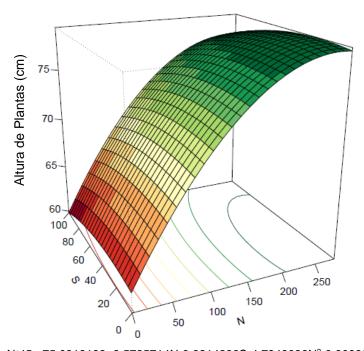
Conforme Freitas (2016), as plantas de trigo tendem a acamar quando submetidas a condições adversas, nesse aspecto no primeiro ano de cultivo o incremento causado pelo nitrogênio na altura da planta, resultou no aumento do acamamento da cultura.

Albrecht et al. (2008) relatam que plantas melhoradas geneticamente possuem entre outros aspectos uma maior resistência ao acamamento mesmo com maiores doses de adubação nitrogenada, sendo o caso da cultivar BRS 394.

4.2 EXPERIMENTO 2: NITROGÊNIO: ENXOFRE

4.2.1 Altura de planta

Na Safra 2018 a altura de plantas de trigo cultivado sob doses de nitrogênio e enxofre, apresentou diferença significativa entre os tratamentos aos 45 dias após a emergência das plantas (Figura 21), ajustando-se ao modelo de superfície de resposta quadrático. A maior altura de plantas (79,11 cm) foi observada na dose de nitrogênio de 265,49 Kg ha⁻¹ e na dose de 24,68 Kg ha⁻¹ de enxofre. Nas avaliações realizadas aos 15 e 30 DAE não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

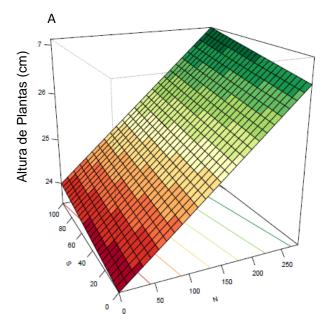


Alt45= 75,0318182+8,5785714N-0,9214286S-4,7849026N²-0,9099026S² $\mathsf{R}^2 = 0.78^{***}$

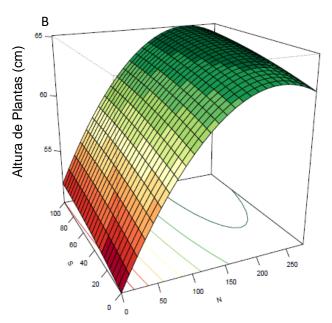
Figura 21. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 394 aos 45 DAE, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

Já no segundo ano de cultivo, em 2019, a variável altura de planta não apresentou diferença significativa na avaliação realizada aos 30 DAE, mas houve reposta significativa para as avaliações realizadas aos 15 e 45 dias após a emergência das plantas.

Para a avaliação realizada aos 15 DAE (Figura 22A), observou-se ajuste ao modelo de superfície de reposta linear, obtendo a maior altura de plantas de 26,90 cm na maior dose de nitrogênio e enxofre. A altura de plantas foi significativamente influenciada pelos tratamentos na avaliação realizada aos 45 DAE (Figura 22B), com ajuste ao modelo de superfície de resposta quadrático, no qual a máxima altura de plantas (65,22 cm) foi observada nas doses de 224,07 e 131,76 kg ha⁻¹ de nitrogênio e enxofre, respectivamente.



Alt15= 15,3153846+1,5642857N+0,2392857S R²= 0,32***



 $\begin{array}{l} \text{Alt45= 62,5931818+6,1714286N+0,9428571S-5,1383117N^2-0,2883117S^2} \\ \text{R}^2 = 0,57^{**} \end{array}$

Figura 22. Altura de plantas de trigo cultivar BRS 394 aos 15 (A) e 45 DAE (B), submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2019.

O nitrogênio é um elemento vital para o crescimento das plantas, quando esse nutriente se encontra em baixa disponibilidade no solo para ser absorvido ocorre uma queda no desenvolvimento das plantas em crescimento. Fato esse que ocorre devido ao nutriente ser constituinte de várias moléculas, como a molécula central da clorofila,

com consequente redução da taxa fotossintética em decorrência da deficiência de nitrogênio no solo (TAIZ & ZEIGER, 2013; BARBOSA et al, 2016).

Os resultados do presente estudo corroboram com Zaganel et al. (2002), que observaram que o aumento das doses de nitrogênio acarretaram no aumento da altura das plantas.

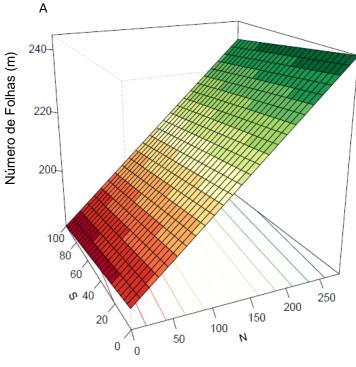
O enxofre, assim como o nitrogênio é de extrema importância para a nutrição da planta e consequentemente para seu desenvolvimento e sua produção, por fazer parte da ferrodoxina, molécula transferidora de elétrons participando do processo da fotossíntese, além de ser componente dos aminoácidos cisteína, cistina e metionina (Mengel & Kirkby, 2001).

Camargo (1972) afirmou que a presença do enxofre é benéfica para a produção do trigo, porém em seu experimento não obteve diferença significativa entre os tratamentos para variáveis relacionadas ao desenvolvimento da planta. Ali et al. (2012) ao estudarem os efeitos do enxofre na cultura do trigo no Paquistão, observaram aumento da altura de plantas de trigo até a dose de 25 Kg ha⁻¹.

Em ambos os anos de cultivo o comportamento nas avaliações aos 45 dias após a emergência foram os mesmos, porém a maior altura de planta no ano de 2019 foi 18% menor que do ano anterior, devido ao ataque de pragas durante o cultivo.

4.2.2 Número de folhas

Para o número de folhas na Safra 2018, aos 30 DAE (Figura 23A) observou-se ajuste ao modelo de superfície de resposta linear, sendo obtido a maior quantidade de folhas de 241,63 folhas por metro linear, na maior dose do tratamento com adubação nitrogenada. Aos 45 DAE (Figura 23B) o número de folhas de plantas de trigo, ajustou-se ao modelo de superfície de resposta quadrático, onde a dose de nitrogênio de 214,42 Kg ha⁻¹ e a dose de enxofre de 43,32 Kg ha⁻¹ proporcionou a maior produção de 145,37 folhas por metro linear. Na avaliação realizada aos 15 DAE os dados não apresentaram diferença significativa para os tratamentos.



NF30= 212,346154+29,113095N-3,113095S R²= 0,17**

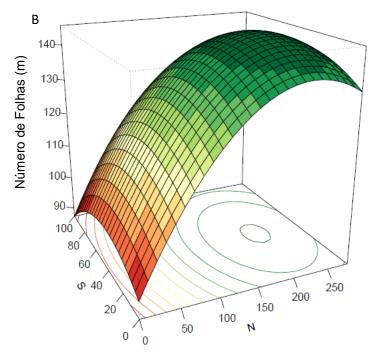


Figura 23. Número de folhar por metro linear da cultura do trigo cultivar BRS 394 aos 30 (A) e 45 DAE (B), submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

Na safra 2019 não foi constatada diferença significativa nas avaliações realizadas aos 15 e 45 dias após a emergência das plantas. A avaliação realizada aos 30 DAE obteve resposta significativa ajustando-se a um modelo de superfície de reposta linear, sendo que a maior quantidade de folhas por metro linear (133,39) foi obtida na maior dose da adubação nitrogenada (Figura 24).

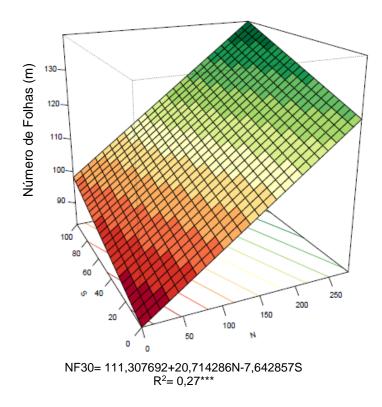


Figura 24. Número de folhas por metro linear da cultura do trigo cultivar BRS 394 aos 30 DAE, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2019.

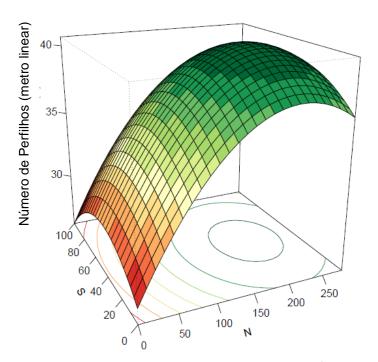
O nitrogênio é o nutriente que mais limita o desenvolvimento vegetativo das culturas, sua presença favorece maior produção de fotoassimilados e melhor desenvolvimento das plantas. A baixa disponibilidade de nitrogênio no solo tem sido um dos principais fatores limitantes ao crescimento das plantas, reduzindo seu desenvolvimento e acarretando menor emissão e crescimento de folhas, sendo o incremento no número de folhas fator fundamental para a atividade fotossintética das mesmas (TAIZ & ZEIGER, 2013).

De acordo com Batista & Monteiro (2007), a adubação com enxofre aumenta o aproveitamento do nitrogênio pelas plantas, acarretando melhoria na divisão celular e na formação de proteínas, com consequente aumento no desenvolvimento vegetativo das plantas.

Freitas et al. (2018) ao estudarem a cultura do trigo cultivar BRS 254 no Cerrado Mato-grossense, observaram que a dose de nitrogênio de 187,08 kg ha⁻¹ induziu a produção do maior número de folhas de plantas de trigo (293,35 folhas m⁻¹) por metro linear. Batista & Monteiro (2007) observaram um incremento no número de folhas de capim-marandu com o acréscimo das doses de nitrogênio e enxofre.

4.2.3 Número de perfilhos

O número de perfilhos das plantas de trigo aos 30 DAE (Figura 25) na Safra 2018, ajustou-se ao modelo de superfície de resposta quadrático, com maior produção (40,63 perfilhos) na dose de nitrogênio de 207,23 Kg ha⁻¹ e na dose de enxofre de 45,30 Kg ha⁻¹. Nas avaliações realizadas aos 15 e 45 dias após a emergência das plantas não houve resposta significativa entre os diferentes tratamentos.

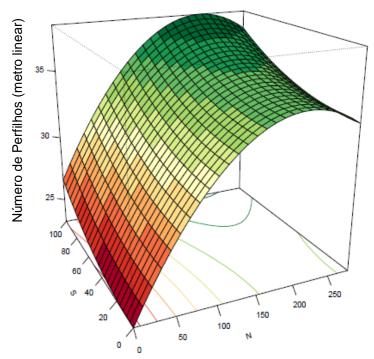


NPerf45= 39,4393939+4,8571429N-0,5595238S-5,0568182N²-2,9734848S² R^2 = 0,44**

Figura 25. Número de perfilhos de plantas de trigo cultivar BRS 394 aos 30 DAE, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

No cultivo do trigo para a Safra 2019 foi observado o mesmo comportamento do ano anterior, não havendo diferença significativa entre os tratamentos nas

avaliações aos 15 e 45 DAE. Na avaliação realizada aos 30 DAE (Figura 26), observou-se um ajuste a um modelo de superfície de resposta quadrático, obtendo o ponto de máxima de 34,81 perfilhos por metro linear nas doses de nitrogênio e enxofre de 209,46 e 3,16 Kg ha⁻¹, respectivamente.



NPerf30= 34,340909+5,160714N+1,732143S-5,200487N²+0,924513S² R^2 = 0,28*

Figura 26. Número de perfilhos por metro linear de plantas de trigo cultivar BRS 394 aos 30 DAE, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2019.

O nitrogênio é de fundamental importância no estádio de perfilhamento da cultura do trigo, período esse determinante para o número de perfilhos por planta, número de espigas por planta e número de grãos por espiga de trigo (RAMOS, 1973). A utilização de adubação nitrogenada tem efeito significativo em um desenvolvimento no perfilhamento e na fase reprodutiva da cultura, fundamental na definição de meristemas, tecido vegetal responsável pelo crescimento da planta e pela formação de outros tipos de tecidos vegetais (ESPINDULA et al., 2010), com consequente melhoria no desempenho dos componentes de produção, principalmente no número de perfilhos férteis e na produção de grãos (BENIN et al., 2012).

Salvagiotti & Miralles (2007) avaliando a influência de doses de nitrogênio e enxofre no desenvolvimento e crescimento de plantas de trigo, constataram o aumento no perfilhamento da cultura quando submetida a doses crescentes de nitrogênio e enxofre.

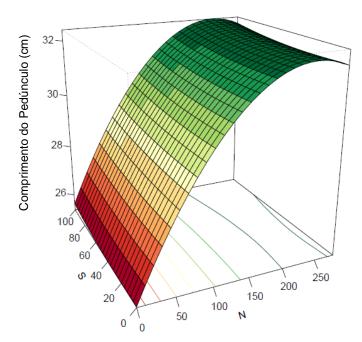
Freitas et al. (2018) ao avaliarem a cultura do trigo submetida a adubação nitrogenada, observaram aumento significativo no número de perfilhos de plantas de trigo, sendo a máxima produção (111 perfilhos m⁻¹) obtida na dose de nitrogênio de 199 Kg ha⁻¹. Cazetta et al. (2007) também observaram aumento no número de perfilhos de plantas de trigo quando submetido a doses crescentes de nitrogênio incorporadas ao solo, com maior produção na dose de nitrogênio de 79 Kg ha⁻¹.

Ali et al. (2012) estudando a cultura do trigo no Paquistão, relataram aumento significativo na produção de perfilhos da cultura até a dose de enxofre de 50 Kg ha⁻¹.

O número de perfilhos em 2019 foi 15% inferior ao apresentado no ano anterior no mesmo período de avaliação aos 30 DAE, o que pode ser justificado pelas adversidades enfrentadas com doenças e pragas.

4.2.4 Comprimento do pedúnculo

Para a variável comprimento do pedúnculo de plantas de trigo, observou-se reposta significativa para os tratamentos na Safra 2018, com o maior comprimento de pedúnculo (32,10 cm) na dose de nitrogênio de 235,42 Kg ha⁻¹ e na dose de enxofre de 26,53 Kg ha⁻¹. No segundo ano de cultivo (Safra 2019) não houve resposta significativa para os diferentes tratamentos (Figura 27).



 $\label{eq:cped} \begin{aligned} \text{CPed= 31,0372727+3,2632143N+0,1196429S-2,3938068N}^2 + 0,1274432S^2 \\ & R^2 = 0.55^{**} \end{aligned}$

Figura 27. Comprimento do pedúnculo de plantas de trigo cultivar BRS 394, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

O nutriente que mais influencia o crescimento da parte aéreas das plantas é o nitrogênio, pois esse nutriente atua na síntese e no transporte de citocininas, hormônios ligados a divisão e expansão celular, na conservação das células meristemáticas e no controle e translocação de nutrientes (GROSSMAN & TAKAHASHI, 2001). Vieira et al. (2007) demostraram que a estatura da planta apresenta um efeito positivo em relação ao rendimento de grãos na cultura do trigo e número de perfilhos férteis por metro linear, e consequentemente no comprimento do pedúnculo e na produção da espiga, concluindo que a estatura da planta tem um caráter importante para explicar as variações de rendimento de grãos.

4.2.5 Comprimento de espiga

A variável comprimento de espiga no primeiro ano de cultivo (Safra 2018), obteve reposta positiva em função das doses de nitrogênio e enxofre aplicadas ao solo, ajustando-se a um modelo de superfície de resposta quadrático, atingindo o

maior comprimento de espiga de 8,69 cm nas doses de 204,83 e 110,96 Kg ha⁻¹ de nitrogênio e enxofre, respectivamente (Figura 28).

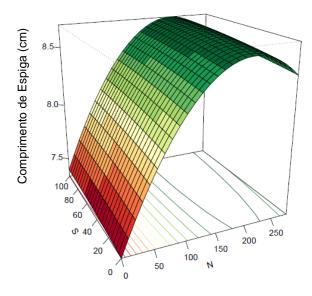


Figura 28. Comprimento de espiga de plantas de trigo cultivar BRS 394, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

Para Safra 2019 o comprimento de espiga das plantas de trigo também apresentou resposta significativa para doses de nitrogênio, ajustando-se a um modelo de superfície linear, alcançando o maior comprimento de 8,71 cm (Figura 20).

O fornecimento inadequado de nitrogênio às culturas é um dos principais fatores limitantes ao enchimento das espigas e à produtividade de grãos. A dose utilizada, a época da adubação e o método de aplicação do nitrogênio tem efeito determinante, tanto sobre as características vegetativas das plantas quanto na emissão, enchimento das espigas e produtividade das culturas (HOEFT, 2003; KAPPES et al. 2009).

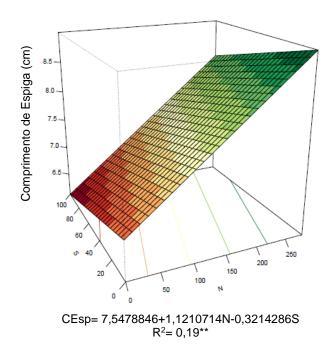


Figura 29. Número de perfilhos de plantas de trigo cultivar BRS 394, submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2019.

De acordo com Sahota (2019), solos que apresentam deficiência de enxofre prejudicam o rendimento das culturas, pois as plantas não podem alcançar todo o seu potencial em produção nem fazer o uso eficiente do nitrogênio aplicado ao solo. Para Marschner (1995), o maior desenvolvimento da cultura está relacionado à capacidade fotossintética da planta quando bem suprida com enxofre, com o aumento na síntese de proteínas e, consequentemente na produtividade. O maior desenvolvimento do comprimento da espiga está fortemente relacionado ao aumento do vigor da cultura, como altura de plantas, número de folhas e demais variáveis analisadas.

Teixeira Filho et. al (2007) obtiveram resposta semelhante em estudo realizado com a variação na adubação com diferentes níveis de nitrogênio, onde as doses crescente do nutriente influenciaram significativamente o comprimento da espiga.

Kappes et al. (2009) observaram que o comprimento da espiga foi influenciado quando comparado aos tratamentos que não receberam a adubação nitrogenada, porém quando avaliado a fonte do nutriente (ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio) não foi observada diferença significativa.

4.2.6 Acamamento

O acamamento das plantas de trigo foi influenciado pela adubação nitrogenada isoladamente, ajustando-se a um modelo de superfície de resposta linear que proporcionou o maior índice de acamamento (1,24), pelo método visual (Figura 30). O método de Petrucci não obteve diferença significativa entre as doses dos tratamentos.

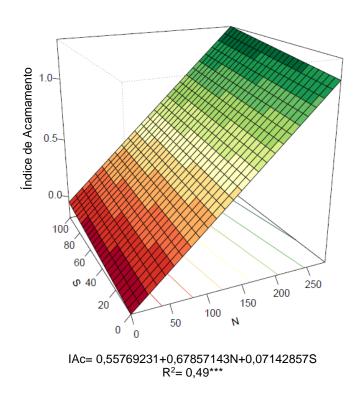


Figura 30. Índice de acamamento pelo método visual na cultura do trigo cultivar BRS 394 submetido a doses de nitrogênio e enxofre no Cerrado Mato-grossense, Safra 2018.

O acamamento pode ocorrer por diversos fatores como resistência do colmo, sistema radicular e a altura da planta que estão ligados ao genótipo da planta (FARNOSIERI FILHO, 2008). Portanto plantas que são adubadas com doses elevadas de nitrogênio podem promover um enchimento de grãos acima do que é compatível com a estrutura da planta formada durante o seu desenvolvimento inicial, o que pode explicar o resultado obtido (ESPINDULA et al, 2010).

Os resultados apontam um baixo nível de acamamento da cultivar em ambos os experimentos (N:K e N:S), reforçando assim a resistência ao acamamento da cultivar BRS 394.

5. CONCLUSÕES

As características fitométricas da Cultivar BRS 394 são influenciadas pelas doses de nitrogênio:potássio e nitrogênio:enxofre aplicadas ao solo.

A altura de plantas, número de folhas e número de perfilhos de plantas de trigo, cv. BRS 394 apresentam maiores valores com incremento da adubação nitrogenada.

A aplicação de doses de nitrogênio entre 187,86 e 265,45 Kg ha⁻¹ e doses de potássio entre 74,62 e 183,92 Kg ha⁻¹, proporcionaram as melhores respostas para as características fitométricas da cultura do trigo cultivar BRS 394.

O nitrogênio juntamente com o enxofre contribui significativamente para as variáveis fitométricas de plantas de trigo.

A Cultivar BRS 394 se mostrou resistente ao acamamento da cultura em Latossolo do Cerrado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 SOBRINHO, J.; SÓ E SILVA, M.; CHAGAS, J. H.; CAIERAO, E.; SCHEEREN, P. L.; EICHELBERGER, L.; MIRANDA, M. Z. de; ANDRADE, S. R. M. de; SUSSEL, A. A. B.; DIANESE, A. de C.; CASTRO, R. L. de; FRONZA, V.; MORESCO, E. R. **Trigo BRS 394 - Nova cultivar para o cerrado.** Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o cerrado. Planaltina: Embrapa cerrados, 2016, p.61-68.

ALI, A.; ARSHADULLAH, M.; HYDER, S. I.; MAHMOOD, I. A. Effect of different levels of sulfur on the productivity of wheat in a saline sodic soi. **Soil Environ**, v.31, n.1, p.91-95, 2012.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLWOOD, J. W.; CHANDRA S, X. U. Y.; DUNN, W. B.; CORREA, E.; HOPKING, L.; GOODACRE, R.; TOBIN, A. K.; BOWSHER, C. G. Profiling of spatial metabolite distributions in wheat leaves under normal and nitrate limiting conditions. **Phytochemistry.** v.115, p. 99-111, 2015.

BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F.M.; ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; ÁVILA, M. R. Doses de nitrogênio em cobertura na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Magistra**, v. 28, n.2, p.211-220, 2016.

BASI, S.; NEUMANN, M. MARAFON, F.; UENO, R. K.; SANDINI, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.219-234, 2011.

BATISTA, K. & MONTEIRO, F. A. Nitrogen and sulphur in marandu Grass: relationship betweens supply and concentration in leaf tissues. **Scientia Agricola**, v.64, n.1, p.44-51, 2007.

BENIN, G.; BORNHOFEN, E.; BECHE, E.; PAGLIOSA, E. S.; SILVA, C. L.; PINNOW C. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.275-283, 2012.

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; MELLO, G. R.; BRATTI, F.; PIVA, J. T. Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho – trigo em sistema de plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, vol. 7, n. 1, p. 87-102, 2018.

BONA, F. D.; MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. Informações agronômicas. N.154, 2016.

BONFIM-SILVA, E. M.; FREITAS, D.C.; SILVA, T. J. A.; FENNER, W.; SOUZA, H. H. DE F. Morphological development and yield of wheat irrigated under nitrogen and potassium fertilization in Cerrado Oxisol. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 9, p. 1465-1471, 2018.

BONFIM-SILVA, E. M. & MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1641-1649, 2010.

BRAR, M. S.; SINGH, B.; BANSAL, S. K.; SRINIVASARAO, C. Role of potassium nutrition in nitrogen use efficiency in cereals. **Research Findings**, v. 29, p. 20-27, 2011.

BREDEMEIER, C. Trigo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, MG: IPNI-Brasil, v. 3. p. 137-159, 2010.

CAMARGO, C. E. de O. Adubação do trigo: I - Experiências com N, P, K e S em Latossolo roxo do vale do Paranapanema. **Bragantia**, n. 31, p.315-324, 1972.

CAMARGO, P. N. **Princípios de nutrição foliar**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1970, 118 p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, J. M. G. Desenvolvimento, produção e nutrição de trigo adubado com nitrogênio e potássio. 2014. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Campus Universitário de Rondonópolis. Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis.

CARVALHO, J. M. G.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; SOUZA, H. H. DE F.; GUIMARÃES, S. L.; PACHECO, A. B. Nitrogen and potassium in production, nutrition and water use efficiency in wheat plants. **Ciencia Investigación Agraria** v. 43, n. 3, p. 442-451, 2016.

CASTANÕN, T. H. F. M. **Trigo irrigado sob combinações de nitrogênio:potássio e nitrogênio:enxofre no Cerrado.** 2019. 178f. Tese (doutorado) Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical.

CAZETTA, D. A. FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Response of cultivars of wheat and triticale to nitrogen in a no-till system. **Científica**, v.35, n.2, p.155-165, 2007.

- GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R.; FONSECA, I. C. de B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700-707, 2014.
- CIRILLO, M. A; Otimização na Experimentação. Lavras: ed. Lavras. 2015. 226p.
- COELHO, R. I.; CARVALHO, A. J. C. de.; MARINHO, C. S.; LOPES, J. C.; PESSANHA, P. G. O. Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal SP, v. 29, n. 1, p. 161-165, 2007.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos.** v. 7 Safra 2019/20, n.3 -Terceiro levantamento, 2019.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2018/2019** V. 6 SAFRA 2018/19 N. 12 Décimo segundo levantamento 2019. Brasília: Conab, 2019.
- CORSI, M.; GOULART, R. C. D.; ANDREUCCI, M. P. **Nitrogênio e enxofre em pastagens**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (ed.) Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba. p.487-512, 2007.
- 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.
- CRUZ, R. S.; KOBLITZ, M. G. B. **Grãos, cereais e leguminosas**. In: KOBLITZ, M. G. B. (Ed.) Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011, p. 44-120.
- DUKE, S. H.; REISENAUE, H. M. Roles and requirements of sulfur in plant **nutrition.** In: Sulfur in agriculture, ed. M. A. Tabatabai, Agronomy Series, n.27, 124-168, 1986.
- DWIVEDI, R. S. Potassium Nutrition of Sugarcane in Relation to Yield, Quality and Abiotic Stress Tolerance. In: PASRICHA, N. S.; BANSAL, S. K. International symposium on importance of potassium in nutriente management for sustainable crop production in India. Gurgaon, Haryana, India: International Potash Institute, p.317-240, 2001.
- EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 573p.
- EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa, 5. ed. E-book. Brasília. 2018 b.
- EMBRAPA TRIGO. Circular Técnica 14, 2003, Passo Fundo RS.

- EMBRAPA TRIGO. **Cultura do Trigo**, 2015, Passo Fundo RS.
- ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A. DE; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. DE. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n. 6, p.1404-1411, 2010.
- FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; SOARES, L. H.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: Metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Editora Andrei, 2016. 305p.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas** / Valdemar Faquin. -- Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p.: il. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.
- FIOREZE, S. L; VACARI, J.; TUREK, T. L.; MICHELON, L. H.; DRUN, R. P. Componentes produtivos do trigo em função da temperatura no período de diferenciação de espiguetas. **Rev. Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 1404-1411, 2019.
- FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do trigo. Jaboticabal: funep, 2008.
- FREITAS, D. C. BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; SOUSA, H. H. F.; SCHLICHTING, A. F.; GUIMARÃES, S. L. Nitrogen and potassium fertilization on the development and chlorophyll index of irrigated wheat in the Cerrado, Central Brazil. **Australian Journal of crop Science**, v.12, n.01, p.44-50, 2018.
- FREITAS, D. C. DE. Relação nitrogênio e potássio em plantas de trigo irrigado cultivado no Cerrado Mato-grossense. 2016. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Campus Universitário de Rondonópolis. Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis.
- GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R.; FONSECA, I. C. B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700-707, 2014.
- GROSSMAN, A.; TAKAHASHI, H. macronutrient utilization by photosynthetic eukariontes and fabric of interations. **Annual Review of Plant Molecular Biology**, v.52, p.163-210, 2001.
- HOEFT, R. G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 104, p. 1-4, 2003.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos diário de estações**. 2020. Disponível em: http://tempo.inmet.gov.br/GraficosDiarios/A907#> Acesso em: 22/02/2020.
- JÄRVAN, M.; EDESI, L.; ADAMSON, A.; LUKME, L.; AKK, A. The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. **Agronomy Research**, v.6, p.459-469, 2008.

- KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.; YAMASHITA, O.M.; SILVA, J.A.N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.
- KLIEMANN H. J. & MALAVOLTA E. Disponibilidade de enxofre em solos brasileiros. I. Avaliação dos potenciais de mineralização de nitrogênio e enxofre por incubação aberta. **Pesquisa agropecuária tropical**. v. 23 p. 129-144, 1993.
- LIMA, B. A. D. **Uso da argila silicatada como fonte de silício na produção de sementes de cereais**. 2010. 40f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2010.
- LITTELL, R. C.; MOTT, G. O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, v. 34, n. 1, p. 94-97, 1975.
- MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, 251p.
- MALAVOLTA, E. Potássio **Absorção, transporte e redistribuição na planta**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (eds.) Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba: Potafos, 2005.
- MAQSOOD, M.; SHEHZAD, M. A.; RAMZAN, Y.; SATTAR, A. Effect of nitrogen nutrition on growth, yield and radiation use efficiency of different wheat (*Triticum aestivum* A.) cultivars. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v.51, n.2, p.441-448, 2014.
- MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D. & ROBIN, D. Interaction between decomposition of plant residues and nitrogen and nitrogen cycling in soil. **Plant soil**, v.181, p.71-82, 1996.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995, 889p.
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. D.; JÚNIOR, N. D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capimmassai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.665-671, 2006.
- McGRATH, S. P.; ZHAO, F. J. Sulfur uptake, yiel responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (Brassica napus). **Journal Agricultural Science**, v.126, p.53-62, 1996.
- MENGEL, K. KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MIRANDA, M.Z. Trigo: germinação e posterior extrusão para obtenção de farinha integral extrusada de trigo germinado. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2006.

- MUNDSTOCK, C. M. & BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.31, n.2, p.205-211, 2001.
- NIU, J.; ZHANG, W.; RU, S.; CHEN, X.; XIAO, K.; ZHANG, X.; ASSARAF, M.; IMAS, P.; ZHANG, F. Effects of potassium fertilization on winter wheat under different production practices in the North China Plain. **Field Crops Research**, v.140, p.69-76, 2013.
- NORMAN, A. L; GIESEMANN, A; KROUSE, H. R; JÄGER, H. J. Sulphur isotope fractionation during sulphur mineralization: results of an incubation—extraction experiment with a black forest soil. **Soil biology & biochemistry**, v. 34 p. 1425- 1438, 2002.
- OLIVOTO, T., CARVALHO, I. R., NARDINO, M., FERRARI, M., PELEGRIN, A. J., FOLLMANN, D. N., GUTIKOSKI, L. C. SOUZA, V. Q. Sulfur and nitrogen effects on industrial quality and grain yield of wheat. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, p. 24-33, 2016.
- OSORIO FILHO, B. D. Dinâmica do enxofre no sistema solo e resposta das culturas à adubação sulfatada. 2006. 76f. Dissertação de mestrado programa de pós-graduação em Ciência do solo Universidade Federal de Santa Maria, RS, BRASIL, 2006.
- 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 Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.575–580, 2013.
- PINTHUS, M. J. Lodging in wheat, barley and oats: the phenomenon, its causes and preventative measures. **Advances in Agronomy**, v.25, p.209-263, 1973.
- PRANDO. A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; JÚNIOR, A. O. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.43, n.1, p.34-41, 2013.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2018.
- RAMOS, M. Efeitos do nitrogênio e fósforo sobre características agronômicas da variedade de trigo IAS 54 e suas relações com a produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.213-216, 1973.
- RANDALL, P. J; SPENCER, K.; FRENEY, J. R. Sulphur and nitrogen fertilization effects on wheat. I Concentration of sulphur and nitrogen to sulphur ratio in relation to yield response. **Australian Journal of Agricultural Researc**, v. 32, p. 203-212, 1981.
- REJADO, P. Q. Potassium requirements of cereals. In: Congress of International Potash Institute. **Potassium research review and trends**, p. 239-257, 1980.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; AMÁBILE, R. F.; FERRAZ, D. M. M.; CARVALHO, A. M. de; CARVALHO, J. G.; ALBRECHT, J. C.; SÓ E SILVA, M.; GUERRA, A. F. **Efeito da fertirrigação nitrogenada no rendimento de grãos de genótipos de trigo, no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online), 2007. 17 p.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C. Bases ecofisiológicas para manutenção da qualidade do trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 84p, 2010.

RODRIGUES, O.; VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online), 2002. 23p.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesq. Agropec. Bras.** v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.

SAHOTA, T.S. Importance of Sulphur in Crop Production. **Northwest**, p.10-12, 2019.

SAIFULLAH, A. M.; RANJHA, M.; YASEENAND M. E.; AKHTAR. Response of wheat to potassium fertilization under field conditions. Pakistan Journal of **Agricultural Sciences**, v.39, n.4, p.269-272, 2002.

SARKAR, D. Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York, 2008.

SCHEEREN, P. L. Componentes da estatura de planta e herança do caráter comprimento do pedúnculo em trigo (*Triticum aestivum L.*). 1980. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

SCHERER, L. A.; DE BONA, F. D.; SANTI, A.; SILVA, E. L. DA; TOLEDO, R.; DALMAGO, G. A. **Nitrogênio mineral no solo em sistema de rotação/sucessão de culturas no sistema plantio direto**. Livro Embrapa trigo, p 38, 2016.

SCHMITT, D. E.; VENDRUSCULO, R. B.; GATIBONI, L. C.; SANTIN, D.; WENDLING, I.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; COLDEBELLA, F. D. Critical level of available sulphur in the soil during establishment of clones of yerba mate at southern brazil. **Revista de ciências agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 70-76, 2018.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1996, 517 p.

SILVA, D. J.; VENEGAS, V. H. A; RUIZ, H. A. Transporte de enxofre para as raízes de soja em três solos de minas gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.8, p. 1161-1167, 2002.

- SILVA, E. C. da; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.
- SOUZA, C. N. A. de. O acamamento e a reação de cultivares de trigo recomendadas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 537-541, 1998.
- SPARKS, D. L. & HUANG, P. M. **Physical chemistry of soil potassium**. In: MUNSON, R.D. (Ed.). Potassium in agriculture. Madison: American Society of Agronomy, 1985, p.201-276.
- STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. 2010. (Informações Agronômicas, n. 129).
- STROMBERGER, J. A.; TSAI, C. Y.; HUBER, D. M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.1, p.19-37, 1994.
- TAHIR, M.; TANVEER, A.; ALI, A.; ASHRAF, M.; WASAYA, A. Growth and yield response of two wheat (Triticum aestivum L.) varieties to different potassium levels. **Pakistan Journal of Life and Social Sciences**, v.6, n.2, p.92-95, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.797-804, 2010.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; CARVALHO, M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; DE FREITAS, J. G.; ARF, O.; DE SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.
- URQUIAGA, S. & ZAPATA, F. Fertilización nitrogenada en sistemas de producción agrícola. **Revista gênese**, p.77-88, 2000.
- VIANA, E. M. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- VIANA, E. M. & KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.
- VIEIRA. E. A.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARTINS, L. F.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G.; COIMBRA, J.; MARTINS, A. F.; CARVALHO, M. F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **R. Bras. Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 169 -174, 2007

WIESER, H.; GUTSER, R.; VON TUCHER, S. Influence of sulphur fertilization on quantities and proportions of gluten protein types in wheat flour. **Journal of Cereal Science**, v.40, p.239-244, 2004.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.** Springer-Verlag New York, 2009.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v.32, p.25-29, 2002.

ZAHOOR, R.; ZHAO, W.; ABID, M.; DONG, H.; ZHOU, Z. Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) functional leaf under drought stress. **Journal Plant Physiol**, v. 215, p. 30-38, 2017.