



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

WILSON RAMOS MAYER

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE
ENXOFRE ELEMENTAR (S⁰)**

LARANJEIRAS DO SUL

2014

WILSON RAMOS MAYER

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE
ENXOFRE ELEMENTAR (S⁰)**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

LARANJEIRAS DO SUL

2014

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Mayer, Wilson Ramos

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE ENXOFRE ELEMENTAR (S^o)/ Wilson Ramos Mayer. -- 2014.
50 f.:il.

Orientador: Rubens Fey.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia , Laranjeiras do Sul, PR, 2014.

1. Produtividade, componentes de produção e qualidade física dos grãos de trigo em função de diferentes doses e diferentes vias de aplicação de enxofre elementar (S^o) no município de Laranjeiras do Sul - PR. I. Fey, Rubens, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

WILSON RAMOS MAYER

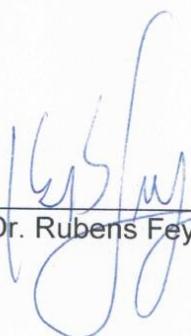
Avaliação da produtividade e qualidade de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetido a diferentes doses de enxofre elementar (S^o)

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com Ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul (PR)

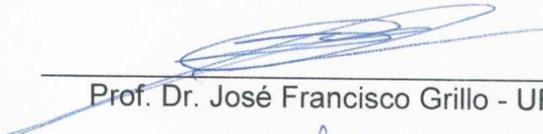
Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

Aprovado em: 18/12/2014

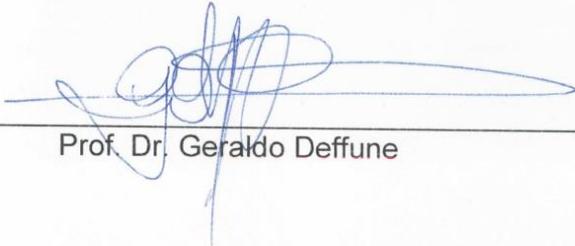
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rubens Fey – UFFS



Prof. Dr. José Francisco Grillo - UFFS



Prof. Dr. Geraldo Deffune

Aos meus pais Evaldo e Salete e a
minha esposa Angelita, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo apoio financeiro e emocional desde o início do curso, se fazendo presentes nos momentos mais difíceis.

Ao professor orientador Rubens Fey pela colaboração na execução do trabalho, pelas ideias, paciência e compreensão, pelos conselhos e incentivos.

Aos colegas Alex Junior Cambuzzi, Ricardo Scandolara e Rodrigo Zapahowski pelo companheirismo em todos os momentos, pela ajuda e pelas opiniões construtivas na realização do trabalho.

Ao senhor Roberto Scandolara e família pelo fornecimento da área e dos implementos para a realização do experimento.

A minha esposa Angelita Muzzolon pelo apoio em todos os momentos.

Aos demais professores, amigos e todos os envolvidos desde o início da graduação.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, por ter dado a oportunidade de realizar um sonho.

E a Deus por ter dado forças para nunca desistir dos objetivos.

“Se você encontrar um caminho sem obstáculos, ele provavelmente não
leva a lugar nenhum”. (FRANK CLARK)

RESUMO

Considerado um macro nutriente secundário, o enxofre (S), juntamente com o nitrogênio, fósforo e potássio ocupam um lugar de destaque no desenvolvimento das plantas. Com o uso contínuo dos solos para agricultura tem ocorrido um decréscimo dos teores do elemento no solo. Para a cultura do trigo, além da produtividade, os níveis adequados de enxofre também influenciam na qualidade do produto final. Desta forma buscou-se determinar a produtividade, o peso hectolitro de grãos e os componentes de produção de trigo com fornecimento de enxofre (S) via solo e via foliar. O trabalho foi desenvolvido no município de Laranjeiras do Sul – PR. O solo do local apresentou o nível de enxofre (S) de $1,9 \text{ mg dm}^{-3}$. O trabalho consistiu na realização de dois experimentos simultâneos, sendo o experimento A com 5 tratamentos com doses de enxofre elementar via solo com 5 repetições, onde as doses foram de 0 (testemunha), 10, 20, 40 e 80 kg ha^{-1} de S, aplicadas manualmente no solo no momento do plantio. O experimento B consistiu na aplicação de 5 doses de enxofre elementar via foliar no período de perfilhamento com 5 repetições cada, onde as doses foram de 0 (testemunha) 2, 4, 8 e 10 kg ha^{-1} de S. Antes da colheita realizou-se análise do componente altura de plantas e número de espigas por plantas, e, após a colheita realizou-se as análises de peso hectolétrico, produtividade, comprimento de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos. Os dados foram submetidos a análise estatística aplicando-se o teste F a nível de 5% de significância. Como resultados não se obteve diferenças significativas dos tratamentos em relação as testemunhas na produtividade, peso hectolitro e componentes de produção da cultura do trigo, tanto para o experimento com enxofre aplicado via solo quanto aplicado via foliar.

Palavras-chave: Adubação. Oxidação. Peso hectolitro. Precipitação.

ABSTRACT

Considered a secondary macro nutrient, sulfur (S) together with the nitrogen, phosphorus and potassium occupy a prominent place in the development of plants. With continued use of land for agriculture has been a decrease in element levels in the soil. For the cultivation of wheat, as well as yield, suitable sulfur levels also influence final product quality. In this way we tried to determine productivity, weight hectolitre of grain and wheat production of components with supply of sulfur (S) via soil and foliar. The study was conducted in the municipality of Laranjeiras do Sul - PR. The soil of the site showed the level of sulfur (S) 1.9 mg dm⁻³. The work consisted of two simultaneous experiments, and the experiment A with 5 treatments with doses of elemental sulfur in the soil with 5 repetitions, and the doses were 0 (control), 10, 20, 40 and 80 kg ha⁻¹ S, manually applied to the soil at planting. The B experiment consisted of the application of 5 doses of elemental sulfur foliar tillering period with 5 repetitions each, and the doses were 0 (control), 2, 4, 8 and 10 kg ha⁻¹ S. Before harvest took place analysis component plant height and number of ears per plant, and, after the harvest took place the test weight analysis, productivity, ear length, number of grains per spike and weight of 100 grains. Data were statistically analyzed applying the F test at 5% level of significance. The results failed to show significant differences between treatments in relation to witnesses in productivity, hectolitre weight and wheat crop yield components, both for the experiment with sulfur applied to the soil as applied foliar.

Keywords: Fertilization. Oxidation. Hectolitre weight. Precipitation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos e doses de S para o experimento A.	24
Tabela 2. Tratamentos e doses de S para o experimento B.	24
Tabela 3. Resumo do resultado do teste F para os parâmetros de altura de plantas, comprimento de espigas, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, número de espigas por planta, peso hectolitro e produtividade no experimento A.	29
Tabela 4. Média dos resultados dos componentes de produção, peso hectolitro e produtividade do experimento A em função dos tratamentos.....	30
Tabela 5. Resumo do resultado do teste F para os parâmetros de altura de plantas, comprimento de espigas, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, número de espigas por planta, peso hectolitro e produtividade no experimento B.	34
Tabela 6. Resultado dos componentes de produção, peso hectolitro e produtividade do experimento B em função dos tratamentos.....	35
Tabela 7. Resultados do teste F para a avaliação do componente Altura de plantas para o experimento A.....	42
Tabela 8. Resultado do teste F para a avaliação do componente Comprimento de espigas para o experimento A.....	42
Tabela 9. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de grãos por espiga para o experimento A.	42
Tabela 10. Resultado do teste F para a avaliação do componente Massa de 100 grãos para o experimento A.	43
Tabela 11. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de espigas por planta para o experimento A.....	43
Tabela 12. Resultado do teste F para a avaliação do componente Peso hectolitro para o experimento A.	43
Tabela 13. Resultado do teste F para a avaliação do componente Produtividade para o experimento A.	44
Tabela 14. Resultado do teste F para a avaliação do componente Altura de plantas para o experimento B.....	44
Tabela 15. Resultado do teste F para a avaliação do componente Comprimento de espigas para o experimento B.....	44
Tabela 16. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de grãos por espiga para o experimento B.	45
Tabela 17. Resultado do teste F para a avaliação do componente Massa de 100 grãos para o experimento B.	45
Tabela 18. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de espigas por planta para o experimento B.	45
Tabela 19. Resultado do teste F para a avaliação do componente Peso hectolitro para o experimento B.	46
Tabela 20. Resultado do teste F para a avaliação do componente Produtividade para o experimento B.	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DO TRIGO	14
4.2	UTILIZAÇÃO DO TRIGO	15
4.3	ENXOFRE NAS CULTURAS	16
4.4	ENXOFRE NO SOLO	16
4.5	ASSIMILAÇÃO DE ENXOFRE PELAS CULTURAS	17
4.6	ADUBAÇÕES COM ENXOFRE	18
4.7	FONTES DE ENXOFRE PARA AS CULTURAS	19
5.1	LOCAL DO EXPERIMENTO	22
5.2	CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS	22
5.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	23
5.4	IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	24
5.5	TRATOS CULTURAIS	26
5.6	COLHEITA E ANÁLISE DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO	27
5.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE A – Tabelas complementares	42
	APÊNDICE B – Fotos do experimento	47

1 INTRODUÇÃO

Considerado um macro nutriente secundário, o enxofre (S), juntamente com o nitrogênio, fósforo e potássio ocupam um lugar de destaque no desenvolvimento das plantas, sendo este considerado como um elemento chave que participa de vários processos do metabolismo e catabolismo celular.

A maior parte do enxofre absorvido pelas plantas se encontra na forma de sulfato (SO_4^{2-}) presente na solução do solo, onde é absorvido pelas raízes, porém, as plantas também são capazes de absorver S presente no solo na forma orgânica como aminoácidos. As plantas também possuem capacidade de absorver S via foliar através dos estômatos na forma de dióxido (SO_2) proveniente da poluição atmosférica, sulfato (SO_4^{2-}) e enxofre elementar (S^0), (EPSTEIN & BLOOM, 2006; HOROWITZ, 2003).

Com o uso contínuo dos solos para agricultura tem ocorrido um decréscimo dos teores de enxofre no solo, além das perdas causadas por erosão, lixiviação e decomposição da matéria orgânica, o uso de fertilizantes mais concentrados como uréia e superfosfato triplo que não possuem enxofre em sua composição, em lugar do sulfato de amônio e do superfosfato simples vem causando baixos níveis do elemento em solos agrícolas e elevando a resposta das culturas à adição do elemento no solo.

Para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), além da produtividade, os níveis adequados de enxofre também influenciam na qualidade do produto final. A qualidade da farinha para panificação é um fator dependente da nutrição adequada da planta e de níveis adequados de nitrogênio e enxofre na planta.

Sendo considerada uma cultura de extrema importância para a agricultura paranaense, o trigo é uma cultura que se encaixa perfeitamente em sistemas de rotação com leguminosas como é o caso da cultura da soja (*Glycine max* L.) tendo papel fundamental no manejo de doenças, na manutenção de palhada, na antecipação da adubação para a cultura da soja facilitando o plantio e na amortização de custos fixos das propriedades rurais.

Desta forma, buscou-se avaliar a resposta da cultura do trigo ao fornecimento de enxofre em solos com baixo nível do elemento, testando diferentes doses e diferentes vias e épocas de aplicação visando a obtenção de aumento de produtividade e qualidade dos grãos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resposta da cultura do trigo a adubação com enxofre elementar testando diferentes doses do elemento aplicado no solo e via foliar visando a obtenção do aumento de produtividade e qualidade física dos grãos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a produtividade e o peso hectolitro dos grãos e os componentes de produção da cultura do trigo com enxofre elementar fornecido no solo.

Determinar a produtividade e o peso hectolitro dos grãos e os componentes de produção da cultura do trigo com enxofre elementar fornecido via foliar.

3 JUSTIFICATIVA

Considerando a expressiva importância da cultura tanto para os sistemas de produção, quanto para suprimento da demanda nacional por um produto de elevada qualidade para panificação, torna-se necessário o estudo de novas tecnologias possíveis de serem aplicadas nos atuais sistemas de produção com objetivo de melhoria dos atributos qualitativos do grão e da produtividade final da cultura, tendo em vista a importância do elemento enxofre para a cultura e a diminuição gradativa do teor deste, nos solos cultiváveis, devido principalmente ao manejo e ao tipo de adubação, podendo com a realização do trabalho verificar a influência da deficiência e do fornecimento adequado do elemento na produtividade e na qualidade do trigo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea (*Poacea*) com origem no Crescente Fértil correspondendo do norte do rio Nilo até os atuais Kwati e Iraque, sendo produzido na Mesopotâmia a mais de sete mil anos antes de Cristo (ALMANAQUE DO CAMPO, 2014). Considerado o cereal com maior volume de produção no mundo, chegou na safra 2013/2014 a produção de 714 milhões de toneladas (ABITRIGO, 2014).

Considerada uma das cadeias produtivas mais importantes do setor de alimentação, a cultura do trigo supre produtos básicos da dieta da população brasileira, além de ser uma das principais atividades econômicas de inverno, contribuindo para reduzir problemas gerados pela sazonalidade na agricultura quando se refere a emprego e renda (SILVA; FERREIRA; NOGUEIRA JUNIOR, 2004).

A produção nacional do cereal em 2012 segundo Mingoti, Holler e Spadotto (2014a) ficou em torno de 4,2 toneladas, ocorrendo um déficit de 5,8 toneladas, sendo esta suprida através de importações principalmente da Argentina. Os mesmos autores propuseram um aumento na produção anual de 5,8 milhões de toneladas de trigo para suprir o consumo interno atual, considerando a produtividade média nacional de 2.276 kg ha⁻¹, para suprir a demanda interna seria necessário aumentar a área de cultivo de 1,94 milhões de hectares para 3,9 milhões ou aumentar a produtividade média para 5.363 kg ha⁻¹.

Com relação à safra 2013/2014, segundo dados da CONAB e IBGE (ABITRIGO, 2014) a produção nacional do cereal ficou estimada em 5,5 milhões de toneladas e consumo de 11,4 milhões de toneladas, ocorrendo um volume de importação de cerca de 6,4 milhões de toneladas.

Sendo considerada uma cultura de extrema importância para a agricultura paranaense, o trigo é uma cultura que se encaixa perfeitamente em sistemas de rotação com leguminosas como é o caso da cultura da soja (*Glycine max* L.) tendo papel fundamental no manejo de doenças sendo um aliado de primeira ordem no combate do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) que ataca extensas áreas de soja e feijão no Brasil, no manejo de nematoides, na manutenção de palhada e supressão de plantas daninhas, possuindo papel relevante quando se considera o número

crescente de espécies resistentes aos herbicidas, na antecipação da adubação para a cultura da soja facilitando o plantio e aumentando a eficiência do uso de fertilizantes, na amortização de custos fixos das propriedades rurais e na lucratividade oriunda da comercialização dos grãos e benefícios agronômicos advindos da rotação de culturas (FOLONI et al. 2014).

4.2 UTILIZAÇÃO DO TRIGO

O principal uso do trigo é a produção de farinha para fabricação do pão. Além da fabricação de pão, a farinha obtida da moagem do endosperma do grão também é utilizada na confecção de bolos e biscoitos, e confecção de massas, já o gérmen e a casca que são subprodutos da moagem do grão são destinados para ração animal (TAKEITI, 2011).

Segundo Takeiti (2011), o trigo é o cereal que contém glúten em quantidade necessária para se obter o produto que denominamos de pão. Onde o glúten é responsável pelas características de viscosidade e elasticidade da massa, possibilitando a formação do miolo e a retenção do volume do pão após o assamento.

O glúten expresso em força de glúten (w) juntamente com o número de queda que determina a atividade da enzima α amilase, são fatores utilizados na classificação industrial de cultivares de trigo como Trigo Brando, Trigo Pão e Trigo para Outros Usos (SHEUER et al. 2011).

Segundo Sgarbieri (1966 apud SHEUER et al. 2011) as proteínas existentes no grão de trigo estão divididas em dois grupos, as proteínas solúveis que são as albuminas e globulinas e as proteínas de reserva que são a gliadina e glutenina, sendo estas, as duas proteínas constituintes do glúten, onde a gliadina promove viscosidade e a glutenina promove resistência da massa a ruptura.

Assim, a qualidade do trigo para panificação é regulada principalmente pela ação dessas proteínas as quais são altamente dependentes de nutrientes como o nitrogênio e o enxofre, que, possuem funções metabólicas essenciais (VIEIRA et al. 1986).

Desta forma, Malavolta e Moraes (2007), atribuíram que, a qualidade da farinha para panificação é prejudicada pela falta de enxofre (S), vindo este a atuar no teor de metionina nas proteínas dos cereais. De acordo com Wrigley et al. (1984 apud VIEIRA et al. 1986), as mudanças na qualidade do grão de trigo são provenientes do

redirecionamento da síntese proteica normal em razão da deficiência do elemento, obtendo como resultado decréscimo na síntese de proteínas ricas em enxofre como albuminas e α , β e γ -gliadinas e aumento na produção de proteínas pobres em enxofre como a Ω -gliadina, tendo como consequência uma massa rija e inextensível.

Além da qualidade para panificação, o enxofre também influencia na produtividade final da cultura, onde Malavolta (1996) obteve aumento de até 26% na produção final de grãos.

4.3 ENXOFRE NAS CULTURAS

O enxofre nas plantas, participa de numerosos compostos como aminoácidos e proteínas, coenzimas, sulfolípídeos, flavonoides, lipídeos, glucosinolatos, polissacarídeos, compostos não saturados, sulfóxidos, alcaloides, nucleotídeos, compostos reduzidos, entre outros, junto como o nitrogênio, o enxofre está presente em todas as funções e processos que fazem parte da vida da planta, da absorção iônica aos papéis do RNA e DNA, além de tudo, atuando no controle hormonal responsável pelo crescimento e diferenciação celular (STIPP; CASARIN, 2010).

Possui influência na redução do nitrato e na fixação biológica do nitrogênio, e, por estar relacionado com a atividade da enzima nitrato redutase, a deficiência do elemento inibe a redução de $N-NO_3$, e assim, contribui na queda de aproveitamento de nitrogênio pela planta (HOROWITZ, 2003).

Segundo Malavolta (1996), o enxofre está se tornando um nutriente limitante na produtividade das culturas, devido principalmente ao aumento da sua necessidade por consequência da maior produtividade das culturas, requerendo maiores quantidades de S, aumento no uso de adubos formulados comerciais concentrados que possuem pouco ou nenhum S, redução nas quantidades de S atmosférico provinda da água da chuva e, redução das reservas de S do solo através de perdas de matéria orgânica provenientes da mineralização e da erosão do solo.

4.4 ENXOFRE NO SOLO

No solo, o enxofre é encontrado na forma orgânica e inorgânica, onde a forma orgânica se encontra em maior quantidade principalmente em solos tropicais e nos horizontes superficiais, tendendo a diminuir com o aumento da profundidade e decréscimo da matéria orgânica (HOROWITZ, 2003).

Segundo Sfredo e Lantmann (2007), em regiões úmidas a maior parte do enxofre presente no solo também se encontra associado à matéria orgânica. Neste caso somente é disponibilizado para as plantas através de transformações biológicas responsáveis pela mineralização da matéria orgânica.

O enxofre orgânico é gradualmente mineralizado em SO_4^{2-} onde a mineralização e imobilização regulam o ciclo no solo e controlam a disponibilidade do elemento para as plantas, justificando que a manutenção de níveis adequados de matéria orgânica no solo é fundamental para o suplemento constante do elemento para as plantas (OSÓRIO FILHO, 2006).

A forma inorgânica se apresenta na forma de sulfato (SO_4^{2-}), que, por se tratar de um ânion, não é atraído pelas argilas e pela matéria orgânica, salvo em algumas condições de acidez, se destacando como formas predominantes de enxofre inorgânico em regiões áridas os sulfatos de cálcio, de magnésio, de potássio e de sódio (SFREDO; LANTMANN, 2007).

Além do sulfato em solução, o enxofre também pode ser encontrado no solo na forma de sulfato adsorvido na fração sólida, como o dióxido de enxofre (SO_2), sulfito (SO_3^{2-}), tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), enxofre elementar (S^0) e em formas reduzidas como o sulfeto (H_2S) que está presente principalmente em ambientes redutores (HOROWITZ, 2003).

Segundo Osório Filho (2006), a litosfera possui aproximadamente 0,06 % de enxofre (S), onde, através do intemperismo de piratas e outros sulfitos metálicos, o enxofre (S) é transformado em sulfato (SO_4^{2-}), podendo ser adsorvido pelos coloides do solo, perdido por lixiviação ou transformado em formas orgânicas.

Dessa forma, o sulfato (SO_4^{2-}) presente no solo é oriundo grande parte da degradação da rocha matriz, contudo, a queima de combustíveis fósseis libera várias formas gasosas de enxofre, entre elas o dióxido de enxofre (SO_2) e o sulfeto de hidrogênio (H_2S) que chegam ao solo através da chuva (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Sendo este, transportado no solo até o sistema radicular das plantas principalmente por fluxo de massa (SILVA; VENEGAS; RUIZ, 2002).

4.5 ASSIMILAÇÃO DE ENXOFRE PELAS CULTURAS

Segundo Malavolta e Moraes (2007), tanto as raízes quanto as folhas são capazes de absorver S, as raízes absorvem predominantemente na forma de sulfato

(SO_4^{2-}), já as folhas podem absorver enxofre elementar (S^0), enxofre na forma gasosa e na forma de sulfato (SO_4^{2-}). Sendo o íon SO_4^{2-} a principal forma de enxofre (S) absorvido pelas plantas, este pode sofrer antagonismo, especialmente de Cl ocasionado pelo excesso da aplicação de adubos com cloreto de potássio (ALVAREZ V. et al. 2007).

Porém, deve-se levar em consideração que a diferença entre a nutrição via radicular e via foliar deve-se ao meio no qual o órgão se encontra e sua superfície específica, ou seja, as raízes são órgãos especializados para a absorção de água e nutrientes, desta forma, sua superfície específica é muito maior que a das folhas. Contudo, na adubação foliar geralmente os nutrientes são fornecidos em altas concentrações, onde o veículo aquoso evapora rapidamente, ocorrendo a absorção a partir de soluções altamente concentradas ao contrário do que ocorre no solo onde os nutrientes se encontram em uma solução diluída (ROSOLEM, 2002).

Segundo Epstein e Bloom (2006), as folhas podem ser muitas vezes mais ativas do que as raízes na assimilação de enxofre, devido principalmente ao fornecimento de tirodoxina e ferredoxina reduzidas através da fotossíntese, as quais podem estimular a produção de O-acetilserina que serve como doador de elétrons em várias etapas da via de assimilação do enxofre.

4.6 ADUBAÇÕES COM ENXOFRE

Vários trabalhos têm evidenciado a resposta das culturas à adubação com enxofre, principalmente quando se trata de oleaginosas, brássicas, algumas fabáceas, cafeeiro, citros e outras (MALAVOLTA, 2006). Estas tem mostrado crescente resposta a adubação com enxofre, como a soja, o feijoeiro e a canola por exemplo, onde apresentam produtividade crescente quando ocorre aumento do fornecimento de sulfato (SO_4^{2-}) no solo (OSÓRIO FILHO, 2006).

Para as poáceas, poucos estudos têm mostrado resultados positivos quanto a resposta das culturas, principalmente para o trigo. Rheinheimer et al. (2005) observou aumento no acúmulo de matéria seca da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função das doses de sulfato (SO_4^{2-}) no solo, mas, já para a cultura do trigo não obteve diferenças significativas com relação as doses de enxofre.

Em geral, pode-se dizer que a maior exigência de enxofre (S) pelas fabáceas quando comparado às poáceas, deve-se aos teores de proteínas mais elevados,

porém em alguns casos, as poaceas podem responder à adubação sulfatada, com doses semelhantes ou até mesmo superiores as utilizadas em fabáceas, em virtude da grande produção de matéria vegetal e da baixa disponibilidade do nutriente no solo (ALVAREZ V. et al. 2007).

Onde, Malavolta (1996), encontrou aumento de produtividade de 21% na cultura do milho e do capim colômbio, 10% e 11% na cultura do sorgo e cana-de-açúcar respectivamente e de até 26% cultura do trigo em função da aplicação de enxofre.

Na cultura do trigo, a adubação com enxofre (S) é recomendada quando este se encontra na análise de solo em quantidade $< 5 \text{ mg S / dm}^3$, indicando uma aplicação de 20 – 30 kg de S ha^{-1} , ocorrendo deficiências mais comuns em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica (VI REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2013).

4.7 FONTES DE ENXOFRE PARA AS CULTURAS

Segundo Horowitz e Meurer (2005), as fontes de enxofre mais utilizadas na agricultura são o superfosfato simples (12% de S) e o sulfato de amônio (24% de S) apresentando o S na forma de sulfato (SO_4^{2-}), utilizando estes isoladamente ou como misturas de formulados comerciais com baixa concentração de NPK.

Outra fonte normalmente utilizada é o gesso agrícola (CaSO_4) que possui de 14-17% de SO_4 , possuindo também 17-20% de Ca. Onde, além do fornecimento destes elementos, o gesso agrícola também atua em vários processos físico-químicos no perfil do solo, atuando como melhorador e condicionador de solos sódicos e solos argilosos (NUERNBERG, RECH; BASSO, 2005).

Atualmente tem se presenciado pesquisas relacionadas com a utilização de enxofre elementar (S^0) para o fornecimento de S para as plantas. Na cultura da soja (*Glycine max* L.), Embrapa Soja (2003 apud SFREDO; LANTMANN, 2007), verificou aumento da produtividade da cultura através da aplicação de doses crescentes de enxofre elementar (S^0) no solo.

Na cultura no milho (*Zea mays* L.) Fiorini (2011), observou aumento no acúmulo de matéria seca em função da fonte de enxofre fornecida a cultura, trabalhando com sulfato de amônio e enxofre elementar (S^0), ambos via solo, evidenciando que o enxofre elementar (S^0) promoveu maior acúmulo de matéria seca.

Este, também vem sendo testado em aplicação via foliar, onde Vitti et al. (2007) avaliou a assimilação de enxofre elementar (S^0), na cultura da soja comparando sua aplicação via solo e via foliar, observando que a aplicação de 6 kg ha^{-1} de S via foliar foi equivalente a aplicação 20 kg ha^{-1} de S via solo, observando maior eficiência do nutriente quando aplicado via foliar na cultura.

Legris-Delaporte et al. (1987) verificou que o enxofre elementar marcado com ^{35}S quando aplicado no trigo cultivado em condições normais e deficiência, no momento da terceira folha, cerca de 1% a 2% foi absorvido e transformado a SO_4 , cisteína, cistina, metionina, glutathiona e proteínas.

Landry et al. (1991) observou melhorias no metabolismo das plantas, verificando que o enxofre elementar (S^0) aplicado via foliar em trigo com deficiência do elemento promoveu aumento da absorção do elemento e mudanças no metabolismo do nitrogênio.

Kettlewell et al. (1998), verificou melhorias na qualidade da farinha do trigo através da aplicação de enxofre elementar (S^0) no final do período de crescimento da cultura.

Quando aplicado via solo, o enxofre elementar (S^0), necessita ser oxidado a sulfato (SO_4^{2-}) para ser absorvido pelas raízes das plantas (JANZEN; BETTANY, 1987 apud HOROWITZ; MEURER, 2005).

A oxidação no solo depende de alguns fatores como, a presença de microrganismos específicos, temperatura, pH, umidade, aeração, teores de nutrientes e matéria orgânica e o tamanho da partícula do enxofre elementar, onde, a taxa de oxidação apresenta correlação positiva com o teor de matéria orgânica e correlação negativa com o teor de alumínio e o teor de enxofre no solo (HOROWITZ, 2003).

Diversos são os microrganismos que podem oxidar o enxofre elementar (S^0), e, estes são divididos nos seguintes grupos segundo Germina e Janzen (1993 apud HOROWITZ 2003), sendo eles, quimioautotróficos, como as bactérias do gênero *Thiobacillus*, fotoautotróficos e, heterotróficos que envolvem bactérias e fungos, sendo os últimos considerados mais importantes.

Dependendo do tipo de solo, diferentes grupos de microrganismos podem predominar no processo de oxidação, onde os mais comuns em locais com temperaturas elevadas são as bactérias do gênero *Thiobacillus*, contudo, é provável que ocorra uma associação de microrganismos formados primeiramente por heterotróficos, que se desenvolvem rapidamente na superfície na partícula de enxofre

elementar (S^0), produzindo tiosulfato, tetraionato e sulfato (GERMIDA; JANZEN, 1993).

Estudos recentes têm mostrado que a maior parte dos solos do Brasil possuem a capacidade de oxidação do enxofre elementar (S^0) tornando-o disponível às plantas, e outros, tem mostrado uma via alternativa de utilização do elemento (via foliar), podendo esta, ser utilizada para a correção da deficiência do nutriente diretamente na planta, promovendo novas possibilidades da nutrição adequada das culturas agrícolas.

Desta forma, sabendo da importância da cultura do trigo, de alguns atributos que definem a qualidade do grão para panificação, da importância do enxofre nesse processo, sua presença no solo e na planta, como este tem sido recomendado e fornecido, torna-se necessário estudos para o desenvolvimento de novas tecnologias de suprimento do nutriente para as culturas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

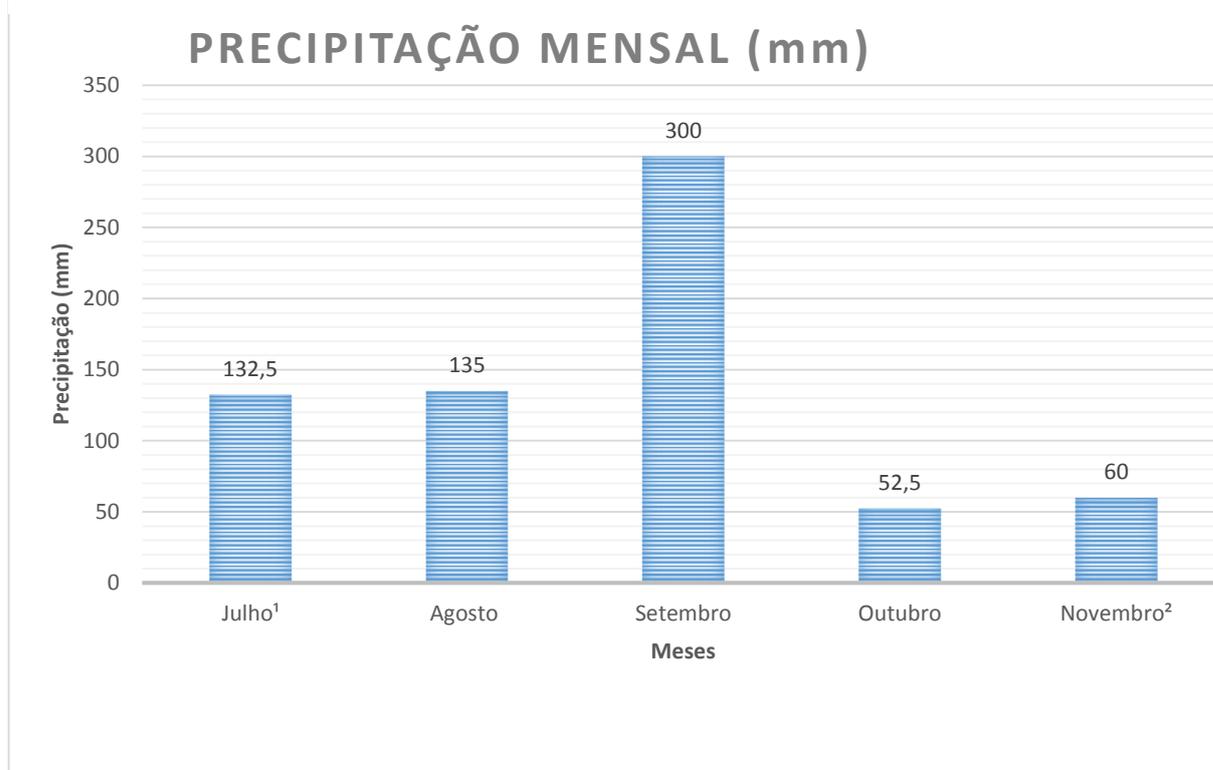
O presente trabalho foi realizado no município de Laranjeiras do Sul – PR, localidade de Campo Mendes possuindo coordenadas de 25°22'21.56" Sul e 52°19'13.70" Oeste, com altitude próxima de 820 metros. Constituindo em uma área utilizada para agricultura há mais de 10 anos com apenas pousio no inverno, tendo como cultura antecessora o milho (*Zea mays* L.).

5.2 CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

O solo do local do experimento foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como LATOSSOLO VERMELHO, apresentando na análise química de 0-20 cm de profundidade os seguintes resultados: pH em CaCl₂ 5,5, Matéria orgânica 45,8 g dm⁻³, P em Mehlich 5,0 mg/dm³, K 0,17 cmol_c dm⁻³, Ca 4,2 cmol/dm³, Mg 1,6 cmol/dm³, CTC 9,46 cmol/dm³, V% 62, S 1,9 mg/dm³, B 0,34 mg/dm³, Fe 26,4 mg/dm³, Cu 1,5 mg/dm³, Mn 76,3 mg/dm³ e Zn 2,2 mg/dm³, com teor de argila de 460 g kg⁻¹, solo tipo 3.

O clima segundo Caviglione et al. (2000) conforme a classificação de Köppen é classificado como Cfa (subtropical úmido mesotérmico), com pluviosidade média anual de 1800 a 2000 mm. Ocorrendo no período experimental a precipitação de 680 mm com grande variação entre os meses de setembro e outubro como apresentado na Figura 1.

Figura 1. Precipitação mensal ocorrida entre os meses de julho a novembro de 2014 na localidade de Campo Mendes – Laranjeiras do Sul/PR



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ¹ a partir do dia 10, ² até dia 7.

5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Realizou-se dois experimentos simultâneos (experimento A e experimento B) utilizando delineamento em blocos casualizados, sendo necessário para corrigir problemas relacionados a desuniformidade do terreno devido ao relevo do local, onde cada bloco constituiu em uma repetição.

O experimento A, como é apresentado na tabela 1, teve 5 tratamentos constituindo em doses crescentes de enxofre elementar (S^o) aplicadas manualmente no solo no momento da semeadura, com 5 repetições cada.

Tabela 1. Tratamentos e doses de S para o experimento A

Tratamento	kg / ha de S
T1 (testemunha)	0
T2	10
T3	20
T4	40
T5	80

Fonte: Elaborado pelo autor.

O experimento B constituiu na aplicação de enxofre elementar via foliar, sendo os tratamentos, como é apresentado na tabela 2, de 5 doses crescentes de enxofre elementar via foliar no período de perfilhamento da cultura (acima de 21 dias) com 5 repetições cada.

Tabela 2. Tratamentos e doses de S para o experimento B

Tratamento	kg / ha de S
T1 (testemunha)	0
T2	2
T3	4
T4	8
T5	10

Fonte: Elaborado pelo autor.

O volume da calda aplicada foi de 2000 L ha⁻¹ (alto volume), seguindo trabalho realizado por Vitti et al. (2007), com o objetivo de facilitar a aplicação.

Cada experimento foi formado por 25 parcelas de 3,23 m de largura (19 linhas) x 4 m de comprimento, constituindo em 12,92 m² cada parcela. A distância entre blocos foi de 1 metro, onde a área total de cada experimento considerando a bordadura foi de 323 m². A área útil de cada parcela constituiu em 7 linhas centrais com 2 metros de comprimento, constituindo as bordaduras de 1 metro em cada lado, utilizando em cada parcela uma área útil de 2,38 m².

5.4 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

A cultura do trigo foi semeada no dia 10 julho de 2014, correspondendo à época recomendada pelo ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DO PARANÁ

(CARAMORI, 2003) e através o zoneamento agrícola para a cultura estabelecido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA.

A adubação de base para a cultura foi realizada conforme a análise de solo, onde esta, indicou a utilização de 50, 60 e 60 kg ha⁻¹ respectivamente de N, P e K, sendo suprida pela aplicação no momento do plantio de 193 kg ha⁻¹ do formulado comercial 12-31-17 com 0% de enxofre, mais 59,64 kg ha⁻¹ de uréia e 45,31 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. A semeadura foi realizada com semeadora de cereais de inverno Semeato® modelo TD 300 com espaçamento entre linhas de 17 cm e profundidade de plantio de aproximadamente 5 cm, com velocidade de plantio de 5 km/h. A densidade de semeadura em sementes por m² foi de 300 sementes viáveis.

A cultivar utilizada foi o BRS Pardela, considerado precoce para o Estado do Paraná, a qual possui ampla adaptação, boa sanidade e excelente qualidade para panificação, tendo como recomendação de densidade de semeadura de 250 a 300 sementes viáveis / m². Onde verificou-se que o estande ficou com 250 plantas / m²

Para os tratamentos foi utilizado enxofre elementar com nome comercial de Enxofre Flor® com 100 % de S. Este, no experimento A foi aplicado nas parcelas de forma manual individualmente em cada linha da parcela que, foi previamente demarcada pela passagem da semeadora vazia antes da semeadura. O S° foi incorporado ao solo no momento de realização da semeadura, a qual foi realizada exatamente nas mesmas linhas previamente demarcadas.

A quantidade do produto comercial utilizado constituiu de 0 g / parcela no tratamento testemunha (T1), 12,92 g / parcela no tratamento de 10 kg ha⁻¹ (T2), 25,84 g / parcela no tratamento de 20 kg ha⁻¹ (T3), 51,68 g / parcela no tratamento de 40 kg ha⁻¹ (T4) e 103,36 g / parcela no tratamento de 80 kg ha⁻¹ (T5). Para a aplicação do enxofre foi misturado com as doses de cada parcela 500 g de areia, que serviu como enchimento para facilitar a distribuição do enxofre nas parcelas. As testemunhas receberam apenas a aplicação de areia na mesma quantidade.

Para o experimento B os tratamentos foram realizados apenas no momento do perfilhamento da cultura, na fase 21 (Primeiro afilho) segundo a escala de Zadocks et al. (1974 apud VI REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE 2013) coincidindo com o momento da realização da adubação nitrogenada de cobertura. Para esse experimento foram aplicadas diferentes doses de enxofre elementar com nome comercial de Enxofre Flor® com 100 % de S via foliar

através de utilização de pulverizador costal com capacidade para 20 litros modelo XP20 com bico tipo leque, 38 dias após a semeadura.

Para possibilitar a solubilidade do enxofre elementar (S⁰) com a água, utilizou-se na calda de aplicação 2 ml / parcela de tensoativo não iônico do grupo químico Alquil Fenóis Etoxilado, independentemente da quantidade de enxofre elementar utilizado. O volume de calda aplicada em cada parcela foi de 2,48 L correspondendo a 2000 L ha⁻¹, utilizando-se de um Becker com escala em ml para a medição do volume, variando apenas a concentração entre os tratamentos que receberam as seguintes quantidades de enxofre elementar por parcela: 0 g para o tratamento testemunha (T1); 2,58 g para o tratamento de 2 kg ha⁻¹ (T2); 5,16 g para o tratamento de 4 kg ha⁻¹ (T3); 10,33 g para o tratamento de 8 kg ha⁻¹ (T4) e 12,92 g para o tratamento de 10 kg ha⁻¹ (T5). A testemunha (T1) recebeu a aplicação foliar de apenas água (H₂O) + tensoativo no mesmo volume que os demais tratamentos.

5.5 TRATOS CULTURAIS

Foram realizados os tratos culturais normalmente indicados para a cultura. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no momento do perfilhamento conforme indicado pela VI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2013), na dosagem de 90 kg de N ha⁻¹, constituindo na aplicação de 0,253 kg de uréia (46% N) por parcela, sendo esta realizada 35 dias após a semeadura.

As plantas espontâneas dicotiledôneas foram controladas 20 dias após a semeadura através do controle químico mediante aplicação de metsulfurom metílico na dosagem de 5 g ha⁻¹ do produto comercial. O controle de doenças foi realizado através da aplicação de fungicidas registrados para a cultura. Para prevenção e controle das doenças foliares como Oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *Tritici*), Mancha Amarela (*Drechslera* spp.) e Ferrugem da Folha (*Puccinia triticina*) utilizou-se da aplicação de propiconazole na dosagem de 750 ml ha⁻¹ do produto comercial 46 dias após a semeadura. Após 20 dias realizou-se a aplicação de propiconazole na dosagem de 750 ml ha⁻¹ do produto comercial juntamente com piraclostrobina + epoxiconazol na dosagem de 1 L ha⁻¹ do produto comercial. E, novamente após 20 dias realizou-se a aplicação de piraclostrobina + epoxiconazol na dosagem de 1 L ha⁻¹ do produto comercial. O volume de calda aplicado em todos os tratamentos foi de 300 L ha⁻¹.

5.6 COLHEITA E ANÁLISE DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Antes da colheita foram retiradas aleatoriamente da área útil 10 plantas de cada parcela para avaliação dos componentes de produção como, altura de planta (cm) e comprimento de espiga (cm), conforme realizado por Zoz et al. (2012), número de grãos por espiga e massa de 100 grãos, conforme realizado por Teixeira Filho et al. (2008), e, número de espigas por planta conforme Camargo (1998). A avaliação da altura de plantas e número de espigas por plantas se realizou a campo, onde a primeira foi realizada com a utilização de uma régua de madeira com graduação em milímetros, e a segunda fazendo a contagem do número de espigas por planta considerando os perfilhos.

As análises de comprimento de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos foram realizadas em laboratório, através da utilização de régua com graduação em milímetros para a primeira análise e balança analítica com precisão de 0,0001g para a última análise.

A colheita dos grãos foi realizada no dia 16 de novembro de 2014 com média de umidade nos grãos de 11%. Realizando inicialmente o corte das plantas na área útil de cada parcela e posteriormente submetendo-as ao processo de trilha, separação e limpeza através da utilização de batedor de cereais Nogueira modelo BC 60.

As análises de produtividade, peso hectolitro e umidade de grãos foram realizadas em laboratório. Inicialmente as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g e posteriormente determinou-se a umidade dos grãos através de um medidor de umidade Motomco® modelo 999FR. Para a determinação do peso hectolitro utilizou-se uma balança para peso hectolítrico Dalle Molle®.

Para o componente de produtividade, após a determinação em função do peso das amostras realizou-se a correção dos pesos em função da umidade dos grãos corrigindo para 13% através da utilização da fórmula de perda de peso apresentada abaixo:

$$H' = \frac{100 (H_i - H_f)}{100 - H_f}$$

Onde:

H' = perda de peso em %

H_i = umidade inicial dos grãos

H_f = umidade final dos grãos.

5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Com os resultados dos componentes de produção altura de plantas, comprimento de espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e número de espigas por planta, da produtividade em kg ha^{-1} e peso hectolitro dos dois experimentos realizou-se a análise estatística dos dados através da utilização do software de assistência estatística Assistat versão 7.7 através da aplicação do teste F e posteriormente aplicando-se a análise de regressão quando os resultados foram significativos a nível de 5% de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar os resultados foi possível observar que tanto no experimento A quanto no experimento B, os tratamentos com enxofre elementar (S⁰) aplicado via solo e via foliar não diferiram estatisticamente da testemunha em todos os parâmetros avaliados como altura de plantas, comprimento de espigas, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, número de espigas por planta, peso hectolitro e produtividade em relação as doses testadas. Na tabela abaixo são apresentados os resultados do teste F para o experimento A.

Tabela 3. Resumo do resultado do teste F para os parâmetros de altura de plantas, comprimento de espigas, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, número de espigas por planta, peso hectolitro e produtividade no experimento A

FV	GL	Quadrados Médios						
		AP	CE	NGE	M100	NEP	PH	PRDE
Blocos	4	12.426 ^{ns}	0.043 ^{ns}	11.538*	0.069 ^{ns}	0.023 ^{ns}	1.0679 ^{ns}	540375.120*
Tratamentos	4	8.766 ^{ns}	0.054 ^{ns}	4.866 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.011 ^{ns}	1.514 ^{ns}	111132.104 ^{ns}
Resíduo	16	5.141	0.091	3.1304	0.065	0.033	0.534	117335.109
CV %		2.98	4.48	6.45	8.70	22.62	0.99	14.84
DMS		3.8863	0.5186	3.4340	0.4390	0.3115	1.2528	587.1016

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: CV% = Coeficiente de Variação, DMS = Diferença Mínima Significativa, AP = Altura de plantas, CE = Comprimento de espiga, NGE = Número de grãos por espiga, M100 = Massa de 100 grãos, NEP = Número de espigas por planta, PH = Peso hectolitro e PRDE = Produtividade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$.

Para o mesmo experimento as médias dos tratamentos em relação aos parâmetros avaliados estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 4. Média dos resultados dos componentes de produção, peso hectolitro e produtividade do experimento A em função dos tratamentos

Tratamentos	AP (cm)	CE (cm)	NGE	M100 (g)	NEP	PH	PRDE (kg/ha)
Testemunha	78,00	6,85	25,8	2,899	2,8	73,28	2144,205
10 kg/ha	75,92	6,77	28,3	3,047	2,9	74,40	2517,265
20 kg/ha	76,24	6,71	27,9	2,905	2,6	73,68	2306,112
40 kg/ha	76,60	6,59	27,7	2,961	2,5	72,92	2381,246
80 kg/ha	74,32	6,83	27,2	2,907	2,9	73,64	2194,340
CV %	2,98	4,48	6,45	8,70	22,62	0,99	14,84
DMS	3.8863	0.5186	3.4340	0.4390	0.3115	1.2528	587.1016

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: CV% = Coeficiente de Variação, DMS = Diferença Mínima Significativa, AP = Altura de plantas, CE = Comprimento de espiga, NGE = Número de grãos por espiga, M100 = Massa de 100 grãos, NEP = Número de espigas por planta, PH = Peso hectolitro e PRDE = Produtividade.

Com relação aos dados apresentados do experimento com aplicação de S⁰ via solo, analisando inicialmente a produtividade, os dados coincidem com os encontrados por Alvarez (2004) e Osório Filho (2006) que não encontraram resposta da cultura do trigo a aplicação de enxofre no solo, mesmo utilizando fonte prontamente disponível como o sulfato (SO₄²⁻).

Contudo, esses trabalhos discordam dos resultados encontrados por Malavolta (1996), que verificou aumento de produtividade de até 26% na cultura em função da adição de enxofre prontamente disponível na forma de sulfato (SO₄²⁻) e Zhao (1999) que também encontrou aumento no rendimento de grãos de até 1 tonelada ha⁻¹ com fornecimento de até 20 kg ha⁻¹ de S.

Porém, é válido salientar que a probabilidade de resposta à aplicação de S é maior em solos intemperizados, onde os principais coloides adsorventes de SO₄²⁻ são os óxidos de ferro (PARFITT et al. 1978). Com baixo conteúdo de matéria orgânica, onde esta é o principal depósito de enxofre orgânico no solo e disponibilizará S-SO₄²⁻ sempre que ocorrer mineralização biológica, e baixos teores de argila, pois solos com elevado teor de argila como os Latossolos possuem maior capacidade de adsorver S-SO₄²⁻ presente na solução do solo evitando que essa se perca com a lixiviação.

Desta forma estudos com diferentes solos no Rio Grande do Sul mostraram que culturas cultivadas em solos com baixos teores de matéria orgânica e argila

apresentaram maiores possibilidade de exibir respostas a adubação sulfatada (ALVAREZ, 2004). Característica que não foi encontrada no solo do experimento.

Gubiani et al. (2012) também não verificou aumento no rendimento de grãos de trigo e nem alterações no peso hectolítrico em função da aplicação de doses de enxofre no solo na forma de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) na dosagem de até 20 kg ha^{-1} de S, evidenciando que, mesmo com teores de enxofre no solo abaixo do nível de suficiência para a cultura (5 mg dm^{-3} de S) a quantidade de S nativo presente no solo foi suficiente para suprir as necessidades ao bom crescimento e desenvolvimento da cultura do trigo.

Osório Filho et al. (2007) justificou que a ausência da resposta da cultura do trigo pode estar relacionada com a deposição atmosférica de S pela água da chuva, onde o mesmo determinou a acumulação de $3,2 \text{ kg de S ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na região de Santa Maria, extrapolando para todo o estado do Rio Grande do Sul. Sendo considerado dado mais atual em relação ao estimado por Malavolta e Paulino (1987 apud MALAVOLTA, 2006) citando que em áreas rurais do Brasil a atmosfera adiciona ao solo entre $5 \text{ a } 7 \text{ kg de S ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Levando em consideração a taxa de exportação e a necessidade de enxofre pela cultura, Cunha, Cassarin e Prochnow (2010) citam que a cultura do trigo exporta $1,2 \text{ g de S kg}^{-1}$ de grãos produzidos. Fazendo o cálculo da absorção do nutriente pela cultura em função do rendimento, considerando a produtividade média da cultura entre os dois experimentos de 2335 kg ha^{-1} verificou-se que cultura exportou $2,80 \text{ kg ha}^{-1}$ de S. E fazendo a conversão da quantidade de enxofre presente no solo apresentada pela análise, obteve-se que o solo disponibilizou $3,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de S para a cultura nas parcelas que não receberam tratamento ou seja as testemunhas.

Para essa conversão utilizou-se da metodologia sugerida por Primavesi e Primavesi (2000) em que:

1 dm^3 de solo com densidade = 1 apresenta 1.000 g ou $1.000.000 \text{ mg}$ de solo;

Onde: $1 \text{ mg/dm}^3 = 1 \text{ mg}$ do elemento em $1.000.000 \text{ mg}$ de solo, ou 1 kg do elemento em $1.000.000 \text{ kg}$ de solo;

E, considerando que em 1 ha a 20 cm de profundidade temos $2.000.000 \text{ kg}$ de solo;

Então: em $1.000.000 \text{ kg}$ de solo temos $1,9 \text{ kg}$ de S

Em 2.000.000 kg de solo (1 ha a 20 cm de profundidade) temos X kg de S.

Assim, 1 ha de solo possui 3,8 kg de S.

Desta forma, pode-se dizer que, apenas a quantidade inicial do elemento presente no solo foi suficiente para suprir as necessidades da cultura, onde neste caso, o enxofre não se tornou um fator limitante a produtividade.

Ainda é válido justificar que, a cultura não expressou seu potencial produtivo para demandar maior quantidade de S a que se encontrou disponível no solo no tratamento testemunha, desta maneira não diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos.

Para explicar a baixa produtividade apresentada pela cultura em todos os tratamentos nos dois experimentos, é válido apresentar a precipitação ocorrida no período experimental de 680 mm, onde, Libardi e Costa (1997) verificaram em condições experimentais na região de Piracicaba através de valores da evapotranspiração máxima da cultura que, o trigo necessitou ao longo de 115 dias de ciclo de 347,2 mm com um consumo médio diário de 3,02 mm de água.

Sendo assim, Hirano (1976) sugere que a elevada precipitação pluvial anterior a maturação fisiológica da cultura promove decréscimo no enchimento de grão, diminuindo a massa de mil grãos e aumentando a atividade enzimática. Onde a precipitação, a umidade relativa do ar e o excesso hídrico do solo influenciam negativamente no peso hectolitro, no peso de mil grãos, no número de queda, na relação P/L e no rendimento de grãos (FRANCESCHI, 2009).

Chuvas no período inicial da maturação afetam principalmente características quantitativas e incrementam o teor de cinzas, enquanto chuvas no fim da maturação afetam características qualitativas que não foram avaliadas como a estabilidade, elasticidade e a extensibilidade da massa e sua viscosidade (HIRANO, 1976).

Guarienti et al. (2005) analisou durante oito anos em sete locais do Rio Grande do Sul através de análise de correlação múltipla que a precipitação pluvial e o excesso hídrico do solo afetaram negativamente o peso hectolitro, peso de mil grãos e o rendimento de grãos da cultura do trigo, analisando de um a oitenta dias antes da colheita. O mesmo verificou que, o rendimento de grãos foi afetado negativamente através do excesso hídrico no solo entre 71 a 60 e 20 a 11 dias antes da colheita. O peso hectolitro também foi afetado pelo excesso hídrico no solo na faixa de 80 a 71,

de 20 a 11 e de 10 a 1 dias antes da colheita. A massa de mil grãos foi afetada negativamente com excesso hídrico no solo a partir de 60 dias antes da colheita.

Reichardt (1985 apud GUARIENTI et al. 2005) explica que, sob condições de elevada umidade relativa no ar e ausência de vento, o processo de difusão é lento e a perda de água pela planta é pequena, e quando os estômatos estão fechados, a transpiração diminui sensivelmente, podendo até tornar-se desprezível, com isso, em condições isotérmicas, de uma atmosfera saturada de água, quando da ocorrência de precipitação e a umidade relativa for elevada e a planta já está túrgida, não ocorre fluxo de água na planta. Desta forma, também não ocorre o fluxo de nutrientes levando a redução dos produtos fotossintéticos como carboidratos, lipídios, aminoácidos etc. que são responsáveis pelo enchimento de grãos, explicando os resultados avaliados em que o rendimento, massa de mil grãos e o peso hectolitro foram afetados negativamente pelo excesso hídrico. Considerando que o mês com maior precipitação foi o de setembro, com total acumulado de 300 mm, estando a cultura em fase de espigamento e enchimento de grãos.

Além disso, o estresse abiótico causado pelo excesso de umidade no ambiente causa reflexo direto no aparecimento de doenças fúngicas consideradas como fator de redução do peso hectolitro (NUNES et al., 2006). Coincidindo com o ocorrido no experimento após o florescimento, onde se obteve elevado período de molhamento foliar ocasionando o aumento da incidência de manchas foliares.

Com relação a fonte de enxofre utilizada no solo, sabendo que esta necessitaria ser oxidada pela ação de microrganismos geralmente bactérias do gênero *Thiobacillus* e *Acidithiobacillus*, alguns fungos como o *Aspergillus niger*, *Mucor flavus*, *Trichoderma harzianum*, *Saccharomyces* e *Debaryomyces* e diversos outros microrganismos heterotróficos (LUCHETA, 2010). Esses necessitam de ambiente propício para o seu desenvolvimento, como pH, umidade, aeração, e matéria orgânica como substrato.

Com relação ao pH, segundo Lucheta (2010), diversos trabalhos demonstraram aumento na oxidação do S⁰ em solos alcalinos ou em resposta à adição de CaCO₃. Não sendo verificada tal condição no solo utilizado. Contudo Czaban e Kobus (2000) sugeriram que em solos ácidos a oxidação do S⁰ seria conduzida principalmente por fungos.

Horowitz (2003) verificou que em um Latossolo Vermelho com pH em água de 4,2, 47% de argila e 4,4% de matéria orgânica ocorreu a oxidação do S⁰ levando a um aumento significativo de sulfato (SO₄²⁻) no solo a partir do 22º dia de incubação sendo verificada a maior disponibilidade de sulfato ao 70 dias após a incubação.

Possuindo semelhanças entre os solos utilizados por Horowitz (2003) e do atual experimento, pode-se julgar que possivelmente tenha ocorrido oxidação do S⁰ aplicado no solo estando este disponível em forma de SO₄²⁻ para as plantas.

Contudo, não foi possível evidenciar aumento de rendimento, dos componentes de produção e do peso hectolitro em função do enxofre aplicado via solo, tornando-se necessário analisar novamente o nível do elemento no solo para evidenciar sua disponibilidade foi realmente aumentada diante dos tratamentos.

Para o experimento B, com aplicação de S⁰ via foliar, os dados se mantiveram indiferentes quando comparados com a testemunha, como é apresentado na tabela 4, onde os em todos os parâmetros avaliados não houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade comparando aos tratamentos em relação a testemunha. Na Tabela 3 são apresentados os resultados do teste F para cada componente avaliado em função dos tratamentos.

Tabela 5. Resumo do resultado do teste F para os parâmetros de altura de plantas, comprimento de espigas, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, número de espigas por planta, peso hectolitro e produtividade no experimento B

FV	GL	Quadrados Médios						
		AP	CE	NGE	M100	NEP	PH	PRDE
Blocos	4	25.474*	0.039 ^{ns}	18.614 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.004 ^{ns}	1.191 ^{ns}	391181.404*
Tratamentos	4	4.830 ^{ns}	0.049 ^{ns}	7.178 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.340 ^{ns}	89712.296 ^{ns}
Resíduo	16	6.678	0.092	8.230	0.024	0.006	0.462	90478.146
CV %		3.34	4.43	8.73	5.33	28.93	0.90	12.73
DMS		4.4293	0.5215	4.9171	0.2701	0.1397	1.1651	515.5504

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: CV% = Coeficiente de Variação, DMS = Diferença Mínima Significativa, AP = Altura de plantas, CE = Comprimento de espiga, NGE = Número de grãos por espiga, M100 = Massa de 100 grãos, NEP = Número de espigas por planta, PH = Peso hectolitro e PRDE = Produtividade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$.

Para o mesmo experimento as médias dos tratamentos em relação aos parâmetros avaliados estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 6. Resultado dos componentes de produção, peso hectolitro e produtividade do experimento B em função dos tratamentos

Tratamentos	AP (cm)	CE (cm)	NGE	M100 (g)	NEP	PH	PRDE (kg/ha)
Testemunha	78,64	6,73	32,8	2,960	3,2	75,48	2478,562
02 kg/ha	77,44	6,89	31,0	3,025	2,6	75,40	2266,494
04 kg/ha	77,76	6,81	33,2	2,953	3,3	75,75	2430,052
08 kg/ha	75,92	6,96	34,3	2,921	3,1	75,21	2175,721
10 kg/ha	77,32	6,95	32,8	2,918	3,0	75,85	2460,647
CV %	3,34	4,43	8,73	5,33	28,93	0,90	12,73
DMS	4.4293	0.5215	4.9171	0.2701	0.1397	1.1651	515.5504

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: CV% = Coeficiente de Variação, DMS = Diferença Mínima Significativa, AP = Altura de plantas, CE = Comprimento de espiga, NGE = Número de grãos por espiga, M100 = Massa de 100 grãos, NEP = Número de espigas por planta, PH = Peso hectolitro e PRDE = Produtividade.

Apesar da aplicação de enxofre via foliar não ter apresentado diferenças estatisticamente significativas a nível de 5% de probabilidade, Legris-Delaporte et al. (1987) evidenciou que entre 1 e 2% do enxofre elementar (S^0) marcado com radioisótopo aplicado na terceira folha do trigo cultivado em condições normais e de deficiência foi absorvido e assimilado a sulfato (SO_4^{2-}), cisteína, cistina, metionina, glutatona e proteínas. O que também foi verificado por Landry et al. (1991), que verificou que a aplicação de enxofre elementar (S^0) via foliar em trigo com deficiência induziu mudanças no metabolismo do S e N vindo a trazer mudanças qualitativas no grão.

Já na cultura da soja, Vitti et al. (2007) evidenciou que o enxofre elementar (S^0) aplicado nas folhas é assimilado pela planta de soja independente da dose e da natureza da fonte, onde a aplicação foliar se mostrou mais eficiente que a aplicação via solo.

Mesmo não evidenciando diferenças nos tratamentos com relação a análises quantitativas e de qualidade física do grão, Lamothe (2006) evidenciou que em alguns casos no Uruguai o S melhorou os parâmetros de qualidade tecnológica da farinha, como força de glúten e relação P/L.

Como os parâmetros de qualidade tecnológica da farinha não foram avaliados em nenhum dos tratamentos não se pode inferir resultados com relação a esses parâmetros, servindo-se da mesma justificativa apresentada anteriormente, com relação ao baixo rendimento de grãos proveniente de condições climáticas demandando conseqüentemente baixa taxa de exportação de S para os grãos.

Além disso, se deve considerar que o aporte de enxofre oriundo da poluição atmosférica que chega ao solo e as folhas através de precipitações pluviais pode ter mascarado os dados obtidos quando se considerou apenas o S presente no solo no momento da semeadura, sem verificar esse tipo de aporte.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições do experimento, a aplicação de doses crescentes de enxofre elementar (S^0) no solo na ocasião da semeadura e via foliar no perfilhamento não promove diferenças significativas com relação a produtividade, aos componentes de produção e peso hectolitro dos grãos de trigo. Contudo, evidenciou-se que as recomendações de S para a cultura do trigo em função dos resultados de análises de solos deve ser melhor pesquisado, levando em consideração o aporte de S atmosférico e a demanda do elemento pela cultura.

REFERÊNCIAS

- ABITRIGO. **Estatísticas Trigo**. Disponível em:
<<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=09.01.00>> Acesso em: 17 jul. 2014.
- ALMANAQUE DO CAMPO. **Trigo**. Disponível em:
<<http://www.almanaquedocampo.com.br/verbete/exibir/96>>. Acesso em: 05 jun. 2014.
- ALVAREZ, J. W. R. **Disponibilidade e resposta de culturas ao enxofre em solos do Rio Grande do Sul**. Universidade Federal de Santa Maria, 2004, 97p. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Ciência do Solo, Santa Maria, 2004.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.
- CAMARGO, C. E. de O. Estimativas de herdabilidades e correlações entre produção de grãos e seus componentes para cruzamento biparentais de trigo. **Sci. Agric**, Piracicaba, v. 55, n. 1, jan. /abr. 1998.
- CARAMORI, P. H. **Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2003. 76p.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agrônomicas**, [S.l.], n. 130, 11p. jun. 2010.
- CZABAN, J.; KOBUS, J. Oxidation of elemental sulfur in bacteria and fungi in soil. **Acta Microbiologica Polonica**, Warszawa, v. 49, n. 2, p. 135-147, 2000. Disponível em: <<http://europemc.org/abstract/MED/11093676>>. Acesso em: 12 dez. 2014.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. 2ª ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.
- FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C.; CASTRO, C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Importância do trigo em sistemas de produção de grãos no Paraná. **Informativo Meridional**, Londrina, v. 14, n. 49, p. 4, abr. 2014.
- FIORINI, I. V. A. **Resposta da cultura do milho a diferentes fontes de enxofre e formas de aplicação de micronutrientes**. UFLA, 2011, 70p. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Produção Vegetal, Lavras, 2011.
- FRANCESCHI, L. **Adaptabilidade, estabilidade e efeito de variáveis meteorológicas sobre a qualidade tecnológica de cultivares de trigo no estado do paraná**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009, 103p. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Agronomia, Pato Branco, 2009.
- GERMIDA, J. J.; JANZEN, H. H. Factors affecting the oxidation of elemental sulfur in soils. **Fertilizer Research**, Wageningen, Netherlands, v. 35, p. 101-114, 1993.

Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00750224>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso de déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p.412-418, jul-set, 2005.

GUBIANI, E.; TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D. S.; BENDER, M. A.; PICCIN, R.; BELLINASSO, R. J. S.; MALLMANN, F. J. K.; RASCHE, J. W. A. Resposta de culturas à adubação sulfatada. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2012, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria: UNIFRA, 2012.

HIRANO, J. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. **Japan Agricultural Research Quarterly**. Ibaraki, v. 10, n. 4, p. 168-173, 1976. Disponível em: < <https://www.jircas.affrc.go.jp/english/publication/jarq/10-4/10-4-168-173.pdf>> . Acessado em: 12 dez. 2014.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Uso do Enxofre Elementar como Fertilizante. **Informações Agronômicas**, [S.l.] n. 112, p. 4-7, dez. 2005.

HOROWITZ, N. **Oxidação e Eficiência Agronômica do Enxofre Elementar em Solos do Brasil**. UFRGS, 2003, 126p. Tese (doutorado). Pós-graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, 2003.

KETTLEWELL, P. S.; GRIFFITHS, M. W.; HOCKING, T. J.; WALLINGTON, D. J. Dependence of Wheat Dough Extensibility on Flour Sulphur and Nitrogen Concentrations and the Influence of Foliar-Applied Sulphur and Nitrogen Fertilisers. **Journal of Cereal Science**. [S.l.] v. 28, p. 15-23, 1998.

LAMOTHE, A. G. Trigo qualidade/rendimento. **INIA Uruguai**. abr, 2006, 12p.

LANDRY, J.; LEGRIS-DELAPORTE, S.; FERRON, F. Foliar application of elemental sulphur on metabolism of sulphur and nitrogen compounds in leaves of sulphur-deficient wheat. **Phytochemistry**. Great Britain, v. 30, n. 3, p. 729-732, 1991.

LEGRIS-DELAPORTE, S.; FERRON, F.; LANDRY, J. COSTES, C. Metabolization of Elemental Sulfur in Wheat Leaves Consecutive to Its Foliar Application. **Plant Physiol**, [S.l.] v. 85, p. 1026-1030, 1987.

LIBARDI, V. C. M.; COSTA, M. B. Consumo d'água da cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 4, n. 1, p.16-23. 1997.

LUCHETA, A. R. **Oxidação Microbiológica do Enxofre Elementar no Solo**. ESALQ, 2010, 179p. Tese (doutorado). Pós-graduação em Ciências, Piracicaba, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 189-238.

MALAVOLTA, E. **Nutri-Fatos: Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 24p.

MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A. **Produção potencial de trigo no Brasil**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2014a. 2p.

MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A. **Regiões prioritárias para implantação de ações de transferência de tecnologia visando o aumento da produção de trigo no Brasil**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2014. 2p.

MIRANDA, M. Z.; DE MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade comercial do trigo brasileiro: Safra 2006**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 95p

NUERNBERG, N. J.; RECH, T. D.; BASSO, C. **Usos do gesso agrícola**. 2ª ed. Florianópolis: Epagri, 2005. 315p.

NUNES, C. D. M.; BRANCÃO, N.; WENDT, W.; CAETANO, V. R. **Monitoramento de doenças na cultura do trigo nas safras de 2003 e 2005**. Pelotas: Embrapa, 2006, 7p.

OSORIO FILHO, B. D. **Dinâmica de Enxofre no Sistema Solo e Resposta das Culturas à Adubação Sulfatada**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006, 76p. Dissertação (mestrado). Pós-graduação em Ciência do Solo, Santa Maria, 2006.

OSORIO FILHO, B. D.; RHEINHEIMER, D. D. S.; SILVA, L. S.; KAMINSKI, J.; DIAS, G. F. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p.712-719, mai-jun, 2007.

PARFITT, R. L.; SMART, R. S. C. The mechanism of sulfate absorption of iron oxides. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 42, p. 48-50, 1978. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/42/1/SS0420010048>> Acesso em: 01 dez 2014.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Transformação de unidades de representação de resultados de análise de solo**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000, 22p.

RHEINHEIMER, D. S.; ALVAREZ, J. W. R.; OSORIO FILHO, B. D.; SILVA, L. S.; BORTOLUZZI, E. C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 562-569, mai./jun. 2005.

ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. UFLA, 2002, 98p. Monografia (especialização). Pós-graduação a distância em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio, Lavras, 2002.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e Utilização na Panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. **ENXOFRE: Nutriente necessário para maiores rendimentos da soja**. Londrina: EMBRAPA, Circular Técnica 53, 2007, 6p.

SILVA, D. J.; VENEGAS, V. H. A.; RUIZ, H. A. Transporte de enxofre para as raízes de soja em três solos de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 37, n. 8, p. 1161-1167, ago. 2002.

SILVA, J. R.; FERREIRA, C. R. R. P. T.; NOGUEIRA JUNIOR, S. Padrão sazonal de preços de trigo: São Paulo, Paraná, Estados Unidos e Argentina. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 3, mar. 2004.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A Importância do Enxofre na Agricultura Brasileira. **Informações Agrônômicas**, [S.l.], n. 129, 20p. mar. 2010.

TAKEITI, C. Y. **Tecnologia de Alimentos: Trigo**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CON T000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html>. Acesso em: 20 jun. 2014.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 97-106, 2008.

VIEIRA, R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; SCHIAVON JR, A. A.; MALHEIROS, E. B. Efeitos de fontes e doses de enxofre sobre os teores de nitrogênio e enxofre e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 45-53, 1986.

VI REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações Técnicas para Trigo e Triticale – Safra 2013**. Londrina: IAPAR, 2013. 225p.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; PIEDADE, S. M. S.; FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229, fev. 2007.

ZOZ, T.; STEINER, F.; TESTA, J. V. P.; SEIDEL, E. P.; FEY, R.; CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, D. Foliar fertilization with molybdenum in wheat. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p. 633-638, abr. 2012.

APÊNDICE A – Tabelas complementares

Tabela 7. Resultados do teste F para a avaliação do componente Altura de plantas para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	49.70560	12.42640	2.4169 ns
Tratamentos	4	35.06560	8.76640	1.7051 ns
Resíduo	16	82.26240	5.14140	
Total	24	167.03360		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 8. Resultado do teste F para a avaliação do componente Comprimento de espigas para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	0.17546	0.04386	0.4791 ns
Tratamentos	4	0.21770	0.05442	0.5944 ns
Resíduo	16	1.46502	0.09156	
Total	24	1.85818		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 9. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de grãos por espiga para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	46.15360	11.53840	3.6859 *
Tratamentos	4	19.46560	4.86640	1.5546 ns
Resíduo	16	50.08640	3.13040	
Total	24	115.70560		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 10. Resultado do teste F para a avaliação do componente Massa de 100 grãos para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	0.27846	0.06961	1.0609 ns
Tratamentos	4	0.07943	0.01986	0.3026 ns
Resíduo	16	1.04993	0.06562	
Total	24	1.40781		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 11. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de espigas por planta para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	0.09533	0.02383	0.7212 ns
Tratamentos	4	0.04732	0.01183	0.3580 ns
Resíduo	16	0.52871	0.03304	
Total	24	0.67136		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 12. Resultado do teste F para a avaliação do componente Peso hectolitro para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	4.27160	1.06790	1.9985 ns
Tratamentos	4	6.05760	1.51440	2.8342 ns
Resíduo	16	8.54940	0.53434	
Total	24	18.87860		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 13. Resultado do teste F para a avaliação do componente Produtividade para o experimento A

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	2161500.48241	540375.12060	4.6054 *
Tratamentos	4	444528.41957	111132.10489	0.9471 ns
Resíduo	16	1877361.75717	117335.10982	
Total	24	4483390.65914		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 14. Resultado do teste F para a avaliação do componente Altura de plantas para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	101.89760	25.47440	3.8144 *
Tratamentos	4	19.32160	4.83040	0.7233 ns
Resíduo	16	106.85440	6.67840	
Total	24	228.07360		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 15. Resultado do teste F para a avaliação do componente Comprimento de espigas para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	0.15696	0.03924	0.4238 ns
Tratamentos	4	0.19696	0.04924	0.5319 ns
Resíduo	16	1.48128	0.09258	
Total	24	1.83520		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 16. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de grãos por espiga para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	74.45760	18.61440	2.2617 ns
Tratamentos	4	28.71360	7.17840	0.8722 ns
Resíduo	16	131.68640	8.23040	
Total	24	234.85760		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 17. Resultado do teste F para a avaliação do componente Massa de 100 grãos para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	0.26050	0.06513	2.6217 ns
Tratamentos	4	0.03672	0.00918	0.3696 ns
Resíduo	16	0.39745	0.02484	
Total	24	0.69467		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 18. Resultado do teste F para a avaliação do componente Número de espigas por planta para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	0.01670	0.00418	0.6277 ns
Tratamentos	4	0.01263	0.00316	0.4746 ns
Resíduo	16	0.10642	0.00665	
Total	24	0.13575		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 19. Resultado do teste F para a avaliação do componente Peso hectolitro para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	4.76540	1.19135	2.5778 ns
Tratamentos	4	1.36140	0.34035	0.7364 ns
Resíduo	16	7.39460	0.46216	
Total	24	13.52140		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

Tabela 20. Resultado do teste F para a avaliação do componente Produtividade para o experimento B

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	4	1564725.61968	391181.40492	4.3235 *
Tratamentos	4	358849.18706	89712.29676	0.9915 ns
Resíduo	16	1447650.34231	90478.14639	
Total	24	3371225.14905		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$

APÊNDICE B – Fotos do experimento

Fotografia 1. Implantação do experimento Fotografia 2. Estabelecimento da cultura



Fonte: Mayer, 2014.



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 3. Aplicação de herbicida



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 4. Estabelecimento da cultura



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 5. Aplicação de N em cobertura Fotografia 6. Aplicação de N em cobertura



Fonte: Mayer, 2014.



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 7. Aplicação de S via foliar



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 8. Acompanhamento da cultura



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 9. Florescimento



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 10. Acompanhamento da cultura



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 11. Doenças da espiga



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 12. Acompanhamento da cultura



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 13. Pré-colheita



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 14. Altura de plantas



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 15. Área útil colhida



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 16. Corte da área util



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 17. Determinação de umidade dos grãos



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 18. Determinação do ph dos grãos



Fonte: Mayer, 2014.

Fotografia 19. Contagem de 100 sementes



Fonte: Mayer 2014.

Fotografia 20. Peso de 100 sementes



Fonte: Mayer, 2014.