

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO PARA A CULTURA DO
TRIGO SOB DÉFICIT HÍDRICO**

BRUNA NEVES PEREIRA DA SILVA

NATHALIA GABRIELE MARINHO PEREIRA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018

CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO PARA A CULTURA DO TRIGO SOB DÉFICIT HÍDRICO

BRUNA NEVES PEREIRA DA SILVA

NATHALIA GABRIELE MARINHO PEREIRA

Orientadora: PROF^a. DR^a. ELISÂNGELA DUPAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018

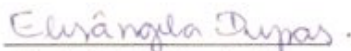
CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO PARA A CULTURA DO TRIGO SOB DÉFICIT HÍDRICO


Por


Bruna Neves Pereira da Silva
Nathalia Gabriele Marinho Pereira

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção
do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA

Aprovado em: 06 de julho de 2018


Prof.^ª Dr.^ª Elisângela Dupas
Orientadora - UFGD/FCA


Prof. Dr. Munir Mauad
UFGD/FCA


Me. Tárík Cazeiro El Kadri
UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Eu, Bruna Neves Pereira da Silva, agradeço

A Deus pela vida e por me guiar durante toda a minha jornada.

À minha mãe (Gisele Maria Neves) que tem papel fundamental na minha vida, obrigada por ser minha melhor amiga e estar sempre ao meu lado me apoiando.

Ao meu noivo (José Augusto Ferreira Farias) pela amizade, compreensão, companheirismo e paciência.

À toda minha família que me ajudaram direta ou indiretamente nessa caminhada, família é a base.

Não poderia esquecer dos meus colegas de faculdade Jaqueline Maronez Rosa e Pedro José de Souza Comparin que me ajudaram no desenvolvimento desse experimento, as minhas amigas Nathalia Gabriele Marinho Pereira e Nadine Escarmanhani Padovan Branquinho (que fazem parte da minha família douradense) pelo apoio e amizade.

Agradeço ao Professor Doutor Munir Mauad pela disposição, ajuda e por sanar dúvidas quanto ao desenvolvimento do experimento.

À minha orientadora professora Doutora Elisângela Dupas pela paciência, amizade, carinho e por todos os conhecimentos passados durante esses anos de convivência.

AGRADECIMENTOS

Eu, Nathalia Gabriele Marinho Pereira, gostaria de agradecer primeiramente a Deus que me fortaleceu e me encorajou durante essa caminhada.

Aos meus pais (Márcio Caubi Pereira e Judcea Maria Marinho Pereira) que foram os maiores incentivadores na minha educação, pelo amor e dedicação que foram fundamentais na minha jornada e toda minha família pelo apoio.

Aos meus amigos Jaqueline Maronez Rosa e Pedro José de Souza Comparin pela ajuda e apoio nas realizações de atividades do experimento.

À minha amiga e dupla do trabalho de conclusão do curso Bruna Neves Pereira da Silva pela amizade e companheirismo durante toda a minha trajetória na graduação.

Também ao Professor Doutor Munir Mauad pela ajuda e dicas quanto ao desenvolvimento do experimento.

À minha orientadora Professora Doutora Elisângela Dupas pela amizade, dedicação e pela transmissão de conhecimento que favoreceram minha formação.

Corretivos de acidez do solo para a cultura do trigo sob déficit hídrico

Resumo: O silício apesar de não ser nutriente de planta desempenha importante função com relação à amenização dos efeitos do estresse hídrico. Neste sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o uso silicato de magnésio em comparação ao calcário, em condições de déficit hídrico controlado para o trigo (*Triticum aestivum*) cultivar Br 18 Terena. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de março a agosto de 2017. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados num fatorial 2 x 4 totalizando 8 tratamentos e 4 repetições, perfazendo total de 32 unidades experimentais, sendo: dois corretivos de acidez do solo (calcário e silicato de magnésio) e quatro níveis de irrigação, a partir do florescimento, para se manter a umidade do solo baseando-se em 20, 40, 60 e 80% da capacidade de campo (CC). Foram quantificados os atributos agronômicos (número de perfilhos, altura de plantas e número de espigas), medido o valor SPAD nas folhas bandeiras, determinada a concentração de nitrogênio nas folhas bandeiras e parte aérea e medida as trocas gasosas. As médias das variáveis agronômicas foram maiores com o uso do calcário. O melhor desenvolvimento do trigo deu-se em média com 60% da CC. As concentrações de nitrogênio nas folhas bandeira e na parte aérea total não foram influenciadas pelos corretivos e déficit hídrico. Com relação aos corretivos de acidez, opta-se pelo calcário pelos maiores resultados das variáveis agronômicas, já para o déficit hídrico, a reposição de água baseada em 60% da CC expressou os melhores resultados para a maioria das variáveis.

Palavras-chave: Atributos agronômicos; fotossíntese; silicato de magnésio; *Triticum aestivum*.

Correctives soil acidity for wheat crop under water deficit

Abstract: The silicon, although not a plant nutrient, plays an important role in mitigating the effects of water stress. In this sense, the aim of this work was to evaluate the use of silicate of magnesium in comparison to limestone under conditions of controlled water deficit for wheat (*Triticum aestivum*) cultivar Br 18 Terena. The experiment was conducted in a greenhouse from March to August 2017. The experimental design was a randomized block in a 2 x 4 factorial totaling 8 treatments and 4 replications, making a total of 32 experimental units, being: two correctives of acidity of the soil (limestone and magnesium silicate) and four irrigation levels, from flowering, to maintain soil moisture based on 20, 40, 60 and 80% field capacity (CC). The agronomic attributes (number of tillers, plant height and number of spikes) were quantified, the SPAD value in the flags sheets was determined, the nitrogen concentration in the leaves flags and aerial part was measured and the gas exchanges were measured. The averages of the agronomic variables were higher with the use of limestone. The best wheat development occurred on average with 60% of the CC. Nitrogen concentrations in leaf and total leaves were not influenced by correctives and water deficit. With regard to acidity correctives, the best results for agronomic variables were chosen for liming, as for the water deficit, the water replacement based on 60% of the CC expressed the best results for most variables.

Key-words: Agronomic attributes; photosynthesis; magnesium silicate; *Triticum aestivum*.

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	09
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Relações do silício ao benefício da planta.....	10
2.2 Deficiência hídrica na cultura do trigo.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Local de condução do experimento, escolha e coleta do solo e escolha da cultivar de trigo.....	12
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	12
3.3 Execução do experimento.....	13
3.4 Avaliações.....	14
3.4.1 Índice de clorofila foliar (Valor SPAD).....	14
3.4.2 Avaliações de trocas gasosas.....	14
3.4.3 Avaliações agronômicas e concentração de nitrogênio foliar.....	14
3.5 Análise estatística dos resultados.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5 CONCLUSÕES.....	24
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1 Introdução

A planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) foi domesticada pelo homem a cerca de muitos anos e ao longo de gerações, vem transformando-se para satisfazer as necessidades humanas. Apesar de ainda pouco se saber sobre sua origem, há relatos desde tempos de colonização portuguesa, porém ele foi introduzido no Brasil por meados do século XVIII por italianos que vieram para o Rio Grande do Sul e deram impulso a triticultura brasileira (BRUNETTA e DOTTO, 2000).

O trigo destaca-se por ser um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, juntamente com milho, cevada e sorgo (EMBRAPA, 2016) sendo utilizado na alimentação humana, matéria prima na panificação e alimento integrante da ração animal. É responsável por 32% da produção mundial de grãos (COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2003).

No passado, foi fundamental para a sobrevivência de várias civilizações predominantemente rurais e, atualmente trigo e seus derivados continuam a ser fundamentais para a alimentação e dificilmente a humanidade encontrará outro alimento semelhante, com qualidade e preço competitivo que o substitua (TOMASINI e AMBROSI, 1998).

O Cerrado abriga ampla região tritícola como Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal. Esse bioma apresenta períodos prolongados de seca e assim a cultura enfrenta sérios problemas ligados a fatores bióticos e abióticos, portanto a constante busca para o aprimoramento do produto final visando preços acessíveis para os participantes dessa cadeia produtiva.

Devido a sua importância econômica e estratégica, cultivar trigo pode ser uma alternativa para agricultores e oportunidade de renda em períodos de inverno e ainda contribui para a sustentabilidade do agronegócio (EMBRAPA, 2010), porém, falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos de rendimento são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo (MUNDSTOCK, 1999).

A cultura pode ser fortemente prejudicada por conta de problemas climáticos enfrentados durante todo o ciclo. Dentre as técnicas para amenizar os prejuízos causados por estiagem (verânicos) que geralmente atingem as gramíneas em fase reprodutiva e compromete a produção final, a utilização do silício tem se destacado quando o assunto são fatores abióticos, dentre eles a deficiência hídrica (SOUZA et al., 2014). Os efeitos benéficos do silício às plantas estão relacionados ao aumento da produtividade, maior eficiência fotossintética, resistência ao ataque de pragas e doenças e maior tolerância à falta de água

durante os períodos de baixa umidade do solo (KORNDÖRFER, PEREIRA e CAMARGO, 2002).

Uma planta quando bem nutrida com silício tem capacidade de usar de melhor forma a água absorvida sendo possível tolerar por tempo maior a falta de água e, ainda a velocidade de perda de água nessa planta é inferior em relação à planta com baixo teor de silício. Em contrapartida aos benefícios proporcionados pelo silício às plantas que resultam em aumento da resistência à estresses bióticos (MA e TAKAHASHI, 2002) e aumento da produtividade, a falta do elemento pode diminuir a capacidade biológica das plantas em resistir às condições ambientais adversas (RAFI, EPSTEIN e FALK 1997).

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desenvolvimento da cultura do trigo com relação ao déficit hídrico utilizando silicato de magnésio em comparação ao calcário.

2 Revisão de literatura

2.1 Relações do silício ao benefício da planta

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, com 27% de participação em massa, superado apenas pelo oxigênio. O silício não é encontrado na forma elementar na natureza por causa de sua alta afinidade pelo oxigênio. É encontrado apenas em formas combinadas, como a sílica em minerais silicatados, com um ou mais cátions, tais como alumínio, magnésio, cálcio, magnésio e ferro, e muitos outros (SRIPANYAKORN, 2005).

O silício não é considerado elemento essencial às plantas. No entanto, vários autores em seus trabalhos e pesquisas têm demonstrado o benefício desse elemento sobre o aumento da produção de diversas culturas como, por exemplo, cana-de-açúcar (MADEIROS, VIEIRA e AQUINO, 2009); arroz (MAUAD et al., 2003; PEREIRA et al., 2004; CAMARGO et al., 2007); e batata (PULZ et al., 2008) dentre outras culturas.

Nas plantas, o silício pode ser relacionado à maior aumento ao acamamento e da eficiência fotossintética (DEREN, 2001). Ameniza toxidez de ferro, manganês, alumínio e sódio e estimula a produção de fitoalexinas (fenóis) (KORNDÖRFER et al., 1999). Está relacionado à redução do ataque por pragas e doenças e à maior resistência a condições adversas. Esses fatores são causados por situações de estresses biótico e abiótico, como por exemplo menor taxa de evapotranspiração em casos de déficit hídrico (EPSTEIN e BLOOM, 2005).

O uso de corretivos silicatados aumenta a eficácia da adubação NPK, proporcionando menor lixiviação de potássio e outros nutrientes móveis no horizonte superficial. Com o aumento no teor de silício no solo ocorrem reações químicas de troca entre o silício e fosfatos. Desta maneira, há formação de silicatos de cálcio, alumínio e ferro por exemplo, com a liberação do íon fosfato, aumentando o teor de fósforo na solução do solo. No caso do nitrogênio, ocorrendo maior taxa fotossintética e outros eventos, resultando em maior desenvolvimento da planta, há maior incorporação desse nutriente nos esqueletos carbônicos para a produção de compostos nitrogenados, incluindo proteínas, contribuindo para a sua maior absorção radicular (TAKAHASHI, 1995; SAVANT, 1997; EPSTEIN, 1999).

O efeito protetor mecânico do silício na planta se dá ao depósito na forma de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) na parede celular. O acúmulo de sílica nos órgãos de transpiração, estimula a formação de uma dupla camada de sílica cuticular que, pela diminuição da transpiração, faz com que mantem a planta mais turgida por mais tempo (KORNDÖRFER, 2004).

2.2 Deficiência hídrica na cultura do trigo

O trigo é uma planta cultivada durante o inverno, com ciclo anual. No Brasil, o cultivo do trigo se restringiu apenas na região Sul por alguns anos, devido a fatores culturais e bioclimáticos (GUTKOSKI et al., 2007). No entanto, o desenvolvimento de novas cultivares e técnicas de manejo da cultura e da irrigação, associadas à expansão agrícola, resultaram em seu crescimento para outras regiões, como a dos cerrados do Brasil (BOSCHINI et al., 2011).

Mesmo com a existência de cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico, o controle da água disponível para o trigo é de fundamental importância durante a safra. Segundo Brunetta et al. (2006), o trigo requer, além de elevados índices pluviométricos, boa distribuição durante o ciclo para alcançar produtividade em torno de $3,5 \text{ t ha}^{-1}$.

Para qualquer cultura, tanto o crescimento quanto o desenvolvimento e a translocação de fotoassimilados são inteiramente ligados à disponibilidade hídrica do solo (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2000). O déficit hídrico afeta o metabolismo das plantas de várias maneiras, sendo o fechamento estomático o primeiro mecanismo de ação contra o déficit hídrico (GOODGER e SCHATCHMAN, 2010), o que reduz a transpiração e previne a excessiva perda de água (COCHARD et al., 2002). Todavia, o fechamento estomático prejudica a absorção de CO_2 e conseqüentemente a fotossíntese, afetando o crescimento da planta (CHAVES, FLEXAS e PINHEIRO, 2008).

3 Material e Métodos

3.1 Local de condução do experimento, escolha e coleta do solo, escolha da cultivar de trigo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - MS (22° 12' S, 54° 49' W e 430 m) no período de março a agosto de 2017.

O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm e classificado com Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2013) que possuiu as seguintes características químicas e granulométricas: pH (CaCl₂)=4,20; M.O.=31,61 g dm⁻³; P (Melich) e S= 4,14 e 2,25 mg dm⁻³; Ca, Mg, K, Al, SB e CTC=1,40; 0,43; 0,12; 2,23; 1,95 e 13,21 cmol_c dm⁻³; B, Cu, Fe, Mn e Zn=0,29; 13,93; 74,82; 97,34 e 1,01 mg dm⁻³; V%=14,76%; m%=53,25%; areia, silte e argila=17,50; 16,25 e 66,25%. Utilizou-se esse solo pelo alto teor de Al⁺³ (2,23 cmol_c dm⁻³) e com isso correção com os corretivos de acidez.

Foi utilizada a cultivar de trigo Br 18 Terena. Possui estatura média/baixa com aproximadamente 74 cm, possui porte semi-ereto e aurícula de cor violácea. Seu potencial produtivo no sistema sequeiro é de 3.000 kg ha⁻¹. Seu ciclo é precoce com 62 dias até o espigamento e 114 dias até a maturação. É moderadamente resistente à ferrugem da folha (RPA); moderadamente suscetível ao oídio, manchas foliares e brusone e é suscetível à ferrugem do colmo, giberela e ao vírus do mosaico do trigo. É moderadamente suscetível ao acamamento, ao crestamento e à debulha natural e susceptibilidade à germinação na espiga. Número de espiguetas por espiga, média geral igual a 15,6 com as espigas mais curtas apresentando média de 15,1 e as mais longas de 19,4. Número de grãos por espiguetas: média geral de 2,83 com as espigas mais curtas apresentando média de 2,82 e as mais longas de 2,92 (EMBRAPA, 1986).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados num fatorial 2 x 4 totalizando 8 tratamentos e 4 repetições, perfazendo total de 32 unidades experimentais, sendo: dois corretivos de acidez do solo (calcário e silicato de magnésio) e quatro níveis de irrigação do solo (20, 40, 60 e 80% da capacidade de campo).

As doses de calcário e silicato de magnésio foram mensuradas para elevar a saturação de bases do solo (V%) para 70% (CANTARELLA, RAIJ e CAMARGO, 1997). Como os

teores de cálcio e magnésio desses corretivos de acidez são diferentes eles foram ajustados com o uso de outros fertilizantes (CaCl_2 e MgCl_2) para que se igualassem.

Foram utilizadas 4 níveis de irrigação para se manter a umidade do solo baseando-se em 20, 40, 60 e 80% da capacidade de campo (CC). O controle do déficit hídrico teve início na terceira fase do desenvolvimento (espigamento e florescimento-antese) do trigo, anteriormente todos os vasos foram mantidas em 80% da capacidade de campo.

3.3 Execução do experimento

O solo foi incubado por 20 dias e os vasos mantidos irrigados com 80% da capacidade de campo para que os corretivos de acidez do solo (calcário e silicato de magnésio) pudessem reagir e assim fazer a correção do pH. Cada vaso tinha 12,6 kg de solo: após a incubação foram semeadas seis sementes de trigo por vaso. Os desbastes periódicos foram realizados permanecendo quatro plantas bem desenvolvidas por vaso.

As adubações com nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes foram baseadas de acordo com Cantarella, Raij e Camargo (1997). No dia da semeadura aplicou-se 100 mg dm^{-3} de fósforo tendo como fonte o superfosfato simples (18% de P_2O_5). Foram aplicados parcelados em três aplicações 300 mg dm^{-3} de nitrogênio sendo a fonte utilizada o sulfato de amônio (21% de N), assim como 150 mg dm^{-3} de potássio, utilizando como fonte o cloreto de potássio (60% de K_2O). A adubação com micronutrientes foi realizada em dose única de 20 mg dm^{-3} no momento da semeadura. A fonte utilizada foi o FTE-BR12 que contém: 9,0% de Zinco (Zn), 1,8% de Boro (B), 0,8% de Cobre (Cu), 3,0% de Ferro (Fe), 2,0% de Manganês (Mn) e 0,1% de Molibdênio (Mo).

A reposição hídrica foi feita com a escolha ao acaso de 5 unidades experimentais aferidas sua massa em balança analítica calibrada. Isto ocorreu de modo que a média aritmética dos valores de massa foram descontados de 80% da massa total, resultado que representa valores de 100% da capacidade de campo previamente estabelecido, durante a primeira fase (perfilhamento) e segunda fase (elongação) do desenvolvimento do trigo.

Foi realizado controle de lagarta e pulgão durante o ciclo da cultura. Para o controle de lagarta (*Spodoptera sp.*) utilizou-se o produto comercial Tracer (Espinósade 480 g L^{-1}). E para o controle de pulgão utilizado o produto comercial Cruiser (Tiametoxam 350 g L^{-1}).

Durante a terceira fase (espigamento e florescimento), os tratamentos foram mantidos em 4 níveis de irrigação baseando-se em 20, 40, 60 e 80% da capacidade de campo. A reposição hídrica foi realizada individualmente, as massas de cada unidade experimental

foram medidas em balança analítica e repostas com água de acordo com a porcentagem da capacidade de campo que cada unidade representava.

3.4 Avaliações

3.4.1 Índice de clorofila foliar (Valor SPAD)

A determinação indireta da concentração de clorofila foliar em valor SPAD foi realizada nas folhas bandeiras de todos os perfilhos do vaso, com de leituras utilizando o Chlorophyll Meter SPAD-502, (Soil-Plant Analysis Development Section, Minolta Camera Co., Osaka, Japan).

3.4.2 Avaliações de trocas gasosas

Para as avaliações das trocas gasosas e eficiência fotossintética foram avaliadas as seguintes características: taxa fotossintética (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (Gs) e concentração interna de CO₂ (Ci). As medidas foram realizadas utilizando-se analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). As avaliações foram realizadas semanalmente a partir da segunda semana do déficit hídrico, totalizando 2 avaliações (76 e 83 dias após a semeadura).

3.4.3 Avaliações agronômicas e concentração de nitrogênio foliar

Semanalmente, a partir do déficit hídrico e no dia da colheita foram quantificados: a) altura de plantas, definida como sendo à distância (m) do nível do solo ao ápice da espiga, excluindo-se as aristas; b) número de espigas por vaso e c) número de perfilhos por vaso.

A colheita foi realizada na quarta fase quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica e palhas secas. No momento da colheita as espigas de dez plantas foram colhidas para quantificação: do número de espiguetas por espiga e o tamanho das espigas.

No momento da colheita as plantas foram cortadas rente ao solo, separando-se parte aérea e raízes. As raízes foram descartadas junto ao solo. Para a quantificação da massa seca das folhas bandeiras e da parte aérea total, foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas à estufa para secagem à 65 °C, por 72 horas. Posteriormente esse material foi pesado em balança semi-analítica.

Para as concentrações do nitrogênio nos tecidos vegetais (parte aérea total e folhas bandeiras), seguiu-se metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997).

3.5 Análise estatística dos resultados obtidos

Os resultados foram analisados pela análise de variância. Foi utilizado o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011). Sendo as médias comparadas com o Teste de Tukey, para os corretivos de acidez do solo e, para os níveis de déficit hídrico usou-se a regressão.

4 Resultados e discussão

A interação corretivos de acidez x déficit hídrico não foi significativa para o número de perfilhos, altura de plantas, número de espigas e valor SPAD para todas as quatro avaliações, apenas ocorreu o efeito isolado das fontes de variação.

Os corretivos de acidez influenciaram o número de perfilhos por vaso em todas as avaliações, maior número de perfilhos por vaso, observado no tratamento com calcário. (Quadros 1, 2, 3 e 4). As médias dos números de perfilhos foram 32, 31, 33 e 32, respectivamente para a primeira, segunda, terceira e quarta avaliações. Esses resultados corroboraram com os resultados encontrados por Santana et al. (2010), que em pesquisa com capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) submetido a fontes de corretivo (calcário e escória silicatada) e doses (0,0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 vezes a dose recomendada), concluíram que o perfilhamento foi influenciado pelos corretivos em quase todas as contagens do número de perfilhos sendo o calcário mais satisfatório quando comparado com o silicato. Já com relação ao déficit hídrico para o número de perfilhos, observou-se que não ocorreu diferença significativa (Quadros 1, 2, 3 e 4).

Para a altura de plantas observou-se apenas para a segunda avaliação diferença significativa entre os corretivos de acidez (Quadros 1, 2, 3 e 4). As médias das alturas foram 68,65; 75,39; 77,04 e 78,40 cm, respectivamente para a primeira, segunda, terceira e quarta avaliações. Na segunda avaliação (76 dias após a semeadura) a média da altura de plantas foi maior 3,91 cm quando utilizou-se o silicato em comparação ao calcário (Quadro 2).

Esse resultado corrobora com Pulz et al. (2008), que após experimento com a cultura da batata (*Solanum tuberosum*) cultivada em solo corrigido com 2,45 g dm⁻³ de calcário dolomítico ou com doses de 2,68 mg dm⁻³ de silicato de cálcio e magnésio, concluíram que a

correção do solo com silicato proporcionou maior altura das plantas em relação ao tratamento com calcário. O resultado de altura de plantas com relação ao déficit hídrico foi significativo apenas para a terceira avaliação, na medida em que aumentou-se % da CC de reposição de água, aumentou-se a altura média das plantas.

Quadro 1. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados ao número de perfilhos, média da altura de plantas, número de espigas e valor SPAD da primeira avaliação (68 dias após a semeadura) do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Nº de perfilhos por vaso	Altura de Plantas (cm)	Nº de espigas por vaso	Valor SPAD
Calcário	37 a	67,45 a	3 a	49,82 a
Silicato	28 b	69,85 a	2 b	49,27 a
DMS	5	3,50	1	1,54
Déficit Hídrico (% da CC)				
20	32 ^{ns}	69,09 ^{ns}	3 ^{ns}	48,75 ¹
40	32	68,80	3	50,84
60	32	68,50	2	50,59
80	32	68,21	2	47,98
Média	32	68,65	2	49,54
CV %	19,14	6,93	29,45	4,22

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ $Y = 44,3019 + 0,2811x - 0,0029x^2$ $R^2 = 0,95$.

Quadro 2. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados ao número de perfilhos, altura de plantas, número de espigas e valor SPAD da segunda avaliação (76 dias após a semeadura) do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Nº de perfilhos por vaso	Altura de Plantas (cm)	Nº de espigas por vaso	Valor SPAD
Calcário	37 a	73,44 b	13 a	49,54 a
Silicato	26 b	77,35 a	13 a	49,34 a
DMS	4	2,94	3	1,72
Déficit Hídrico (% da CC)				
20	29 ^{ns}	74,89 ^{ns}	14 ^{ns}	48,99 ^{ns}
40	32	76,08	12	49,72
60	33	75,99	12	49,80
80	32	74,61	14	49,24
Média	31	75,39	13	49,44
CV %	17,11	5,31	28,58	4,73

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 3. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados ao número de perfilhos, altura de plantas, número de espigas e valor SPAD da terceira avaliação (83 dias após a semeadura) do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Nº de Perfilhos por vaso	Altura de Plantas (cm)	Nº de Espigas por vaso	Valor SPAD
Calcário	38 a	75,44 a	22 a	52,24 a
Silicato	28 b	78,64 a	22 a	52,00 a
DMS	4	4,04	2	1,58
Déficit Hídrico (% da CC)				
20	33 ^{ns}	72,55 ¹	19 ²	51,48 ^{ns}
40	33	75,59	23	52,51
60	33	78,56	24	52,63
80	32	81,46	21	51,84
Média	33	77,04	22	52,12
CV %	15,83	7,13	15,35	4,11

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

$$^1 Y = 69,6131 + 0,1485x \quad R^2 = 0,93;$$

$$^2 Y = 12,0625 + 0,4388x - 0,0041x^2 \quad R^2 = 0,69.$$

Quadro 4. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados ao número de perfilhos, altura de plantas, número de espigas e valor SPAD da quarta avaliação (90 dias após a semeadura) do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Nº de Perfilhos por vaso	Altura de Plantas (cm)	Nº de Espigas por vaso	Valor SPAD
Calcário	36 a	78,51 a	25 a	48,55 a
Silicato	28 b	78,29 a	23 b	43,49 b
DMS	4	3,14	3	2,79
Déficit Hídrico (% da CC)				
20	29 ^{ns}	76,29 ^{ns}	20 ¹	45,30 ^{ns}
40	32	77,87	25	46,18
60	34	79,19	27	46,46
80	32	80,24	25	46,14
Média	32	78,40	24	46,02
CV %	16,09	5,45	20,78	8,25

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ $Y = 11,7813 + 0,4959x - 0,0041x^2$ $R^2 = 0,97$.

Em relação ao número de espigas por vaso, o tratamento com calcário se sobressaiu quando comparado com o silicato na primeira e quarta avaliações (Quadros 1 e 4), já para a segunda e terceira avaliações os corretivos não influenciaram o número de espigas (Quadros 2 e 3). As médias do número de espigas por vaso foram 2, 13, 22 e 24, respectivamente para a primeira, segunda, terceira e quarta avaliações. Tavares et al. (2004) estudaram o efeito da adubação silicatada no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes de trigo produzidas, concluíram que a cinza de casca de arroz (fonte de silício) proporcionou maior número de espigas quando comparado com o caulim como fonte de silício.

O déficit hídrico influenciou o número de espigas apenas para a terceira e quarta avaliações (Quadros 3 e 4). O máximo número de espigas (24) para a terceira avaliação foi obtida com 54% da CC e o máximo número de espigas (27) para a quarta avaliação com 60% da CC.

Não houve diferença significativa nos valores SPAD em todas as avaliações, exceto na quarta avaliação com relação aos corretivos de acidez (Quadros 1, 2, 3 e 4). Para a quarta avaliação o maior valor SPAD foi quando utilizou-se o calcário (48,55) quando comparado ao silicato (43,49) (Quadro 4). As médias dos valores SPAD foram 49,54; 49,44; 52,12 e 46,02, respectivamente para a primeira, segunda, terceira e quarta avaliações. Do ponto de vista

nutricional este índice está diretamente relacionado com os teores de nitrogênio (GIL et al., 2002), mas segundo Ávila et al. (2010), os estudos relacionados com a interação entre o nitrogênio e o silício ainda são restritos. Os dados obtidos nessa pesquisa discordam com os encontrados por Al-Aghabary et al (2005) ao observarem aumento do teor de clorofila pelo fornecimento de silício às plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

O valor SPAD foi influenciado pelo déficit hídrico apenas para a primeira avaliação (Quadro 1), sendo o máximo valor SPAD (51,11) obtido com 48% da CC.

A falta de resposta do silicato de magnésio, contendo silício, nas avaliações poderia ser explicada pela baixa solubilidade do elemento e, por ter reação no solo mais lenta em comparação ao calcário (PRADO, FERNANDES e NATALE, 2003). Os resultados corroboram com Mauad et al. (2003), que em pesquisa com a cultura do arroz (*Oryza sativa*) submetida as doses de adubação silicatada (0, 200, 400 e 600 mg kg⁻¹ de SiO₂) e nitrogenada (5, 75 e 150 mg kg⁻¹), relataram não encontrar nenhum efeito do silício nos parâmetros avaliados para os teores de silício no solo, isso pode ser explicado como consequência do avançado grau de intemperismo em que se encontram os solos de regiões tropicais (BARBOSA FILHO et al., 2001) e quando usa-se cultivares do grupo moderno já é possível esperar maior resposta à adubação nitrogenada quando comparados com cultivares do grupo tradicional, os quais, por sua vez, apresentam maior eficiência na absorção de silício (WINSLOW, 1992).

A interação corretivos de acidez x déficit hídrico não foi significativa para a massa seca de folhas bandeiras (MSFB), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de espigas (MSE), número de espiguetas por espigas e tamanho médio da espigas do trigo, apenas ocorreu o efeito isolado das fontes de variação.

Houve efeito significativo dos corretivos de acidez para massa seca das folhas bandeiras (MSFB), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das espigas (MSE) e número de espiguetas por espigas (Quadro 5). As médias foram de 3,69; 37,28 e 25,36 g, respectivamente para a MSFB, MSPA e MSE, já a média para o número de espiguetas por espiga foi de 18, e a média do tamanho de espigas foi 8,97 cm.

Esses resultados discordam com os relatados por Gong et al. (2003), que estudando efeitos do silício na cultura do trigo em condições de déficit hídrico, observaram que a massa seca das folhas do trigo foi relativamente maior quando as plantas foram submetidas à aplicação de silício. Junior, Costa e Buzetti (2008) também verificaram que a aplicação de silício proporcionou incrementos na massa seca de plantas quando em boas condições de

umidade do solo, em estudo com combinação de duas cultivares de trigo (IAC 24 e IAC 370) e seis doses de silício (zero, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹).

A MSFB, MSPA e MSE foram influenciadas pelo déficit hídrico (Quadro 5). A máxima MSFB (4,25 g) foi obtida com 61% da CC. A máxima MSPA (40,24 g) foi obtida com 60% da CC e a máxima MSE (40,24 g) com 62% da CC.

Quadro 5. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados à massa seca das folhas bandeiras (MSFB) coletadas na quarta avaliação (90 dias após a semeadura), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das espigas (MSE), número de espiguetas por espigas e tamanho médio de espigas do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	MSFB	MSPA	MSE	Nº de espiguetas por espigas	Tamanho de espigas cm
		g			
Calcário	4,21 a	41,38 a	30,23 a	18 a	9,23 a
Silicato	3,17 b	33,19 b	20,49 b	17 b	8,72 a
DMS	0,50	3,72	3	0,50	
Déficit Hídrico (% da CC)					
20	2,89 ¹	32,46 ²	15,12 ³	18 ^{ns}	8,14 ^{ns}
40	3,86	38,36	26,92	18	9,20
60	4,17	40,24	31,26	18	9,50
80	3,83	38,08	28,14	18	9,05
Média	3,69	37,28	25,36	18	8,97
CV %	18,51	13,58	22,66	4,99	14,16

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

$$^1 Y = 1,2688 + 0,0976x - 0,0008x^2 \quad R^2 = 0,99;$$

$$^2 Y = 22,5153 + 0,5979x - 0,0050x^2 \quad R^2 = 0,82;$$

$$^3 Y = -4,1391 + 1,1494x - 0,0093x^2 \quad R^2 = 0,85.$$

Com relação ao teor de nitrogênio das plantas, a concentração de nitrogênio nas folhas bandeiras e na parte área total não foram influenciadas pelos corretivos de acidez e nem pelo déficit hídrico (Quadro 6). As médias das concentrações de nitrogênio foram 32,8 g kg⁻¹ para as folhas bandeiras e 12,97 g kg⁻¹ para a parte aérea. Pulz et al. (2008), estudando a influência de silicato e calcário na nutrição da batata (*Solanum tuberosum*) sob deficiência hídrica, verificou-se que houve efeito do corretivo utilizado no teor de nitrogênio nas folhas, sendo maior o teor no tratamento com calcário.

Ávila et al. (2010), com o intuito de avaliar a relação entre a presença de silício no solo e o incremento nos teores de nitrogênio na planta de arroz, constataram que o elemento

silício não influenciou nos teores de nitrogênio, havendo apenas aumento nos teores de clorofila a e b, moléculas constituintes básicas do processo de fotossíntese na planta (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Quadro 6. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados às concentrações de nitrogênio nas folhas bandeiras e na parte aérea do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Nitrogênio nas folhas bandeiras	Nitrogênio na parte aérea
	g kg⁻¹	
Calcário	34,9 a	13,21 a
Silicato	30,7 a	12,73 a
DMS	4,8	3,72
Déficit Hídrico (% da CC)		
20	34,1 ^{ns}	12,86 ^{ns}
40	30,1	12,93
60	30,8	13,01
80	36,2	13,08
Média	32,8	12,97
CV %	19,97	28,58

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A concentração de nitrogênio na parte aérea foi menor se comparado com a faixa considerada adequada (40 a 50 g kg⁻¹) por Lorenzi et al. (1997), indicando pode ter ocorrido falta do nutriente para as plantas, o qual foi fornecido parcelado inicialmente ao crescimento das plantas e incrementado a rápida absorção, metabolização e redistribuição do elemento por toda planta (VIANA e CASTRO, 2010).

Observou-se que o calcário e o silicato não diferiram entre si nos parâmetros de concentração interna de CO₂, transpiração, fotossíntese e condutância estomática para a segunda avaliação (Quadro 7). As médias de concentração interna de CO₂, transpiração, fotossíntese e condutância estomática foram respectivamente, 254 μmol mol⁻¹, 4,21 mmol m⁻² s⁻¹, 11,11 μmol m⁻² s⁻¹ e 0,18 mol m⁻² s⁻¹.

Segundo Gong et al. (2008), em estudo com o objetivo de avaliar as alterações fotossintéticas de plantas de trigo sobre o efeito da aplicação de silício em condições de estresse hídrico, concluíram que o elemento proporcionou aumentos consideráveis na taxa de CO₂ assimilável pelas folhas em função da aplicação do silício mediante a condição de estresse, não havendo, dessa forma, diminuindo os impactos do estresse hídrico pela planta.

Nesse mesmo trabalho, o silício proporcionou aumento da concentração das enzimas relacionadas ao estresse, diminuindo os impactos do estresse hídrico pela planta.

Quadro 7. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados à concentração interna de CO₂, transpiração, fotossíntese e condutância estomática da segunda avaliação (76 dias após a semeadura) das folhas bandeiras do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Concentração interna de CO₂ μmol mol ⁻¹	Transpiração mmol m ⁻² s ⁻¹	Fotossíntese μmol m ⁻² s ⁻¹	Condutância estomática mol m ⁻² s ⁻¹
Calcário	251 a	4,34 a	11,38 a	0,17 a
Silicato	257 a	4,08 a	10,84 a	0,18 a
DMS	19	0,51	0,95	0,03
Déficit Hídrico (% da CC)				
20	236 ^{ns}	2,63 ¹	7,89 ²	0,09 ³
40	269	5,29	12,26	0,22
60	240	4,16	12,22	0,19
80	272	4,70	12,09	0,21
Média	254	4,21	11,11	0,18
CV %	15,26	24,22	17,10	33,46

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Y = 0,3975 + 0,1538x - 0,0013x² R² = 0,61;

² Y = 2,3577 + 0,3437x - 0,0028x² R² = 0,93;

³ Y = -0,0327 + 0,0081x - 0,00007x² R² = 0,77.

Todas as variáveis, com exceção da concentração interna de CO₂, na segunda avaliação foram influenciadas pelo estresse hídrico. A máxima transpiração (4,95 mmol m⁻² s⁻¹) foi obtida com 59% da CC; a máxima fotossíntese (12,90 μmol m⁻² s⁻¹) foi obtida com 61% da CC e a máxima condutância estomática (0,20 mol m⁻² s⁻¹) com 58% da CC (Quadro 7).

Houve efeito significativo dos corretivos de acidez somente para a transpiração para a terceira avaliação, aonde a maior transpiração foi com o uso do calcário (Quadro 8). Houve redução da transpiração pelo efeito do silicato com a aproximação da maturação. Esse resultado corrobora Ma e Yamaji (2006), que afirmaram que o silício em sua forma de sílica amorfa (SiO₂.nH₂O), se acumula na parede celular dos órgãos de transpiração, levando à formação de uma dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulosa. Tal camada possui relação positiva com a redução da transpiração pela planta diminuindo a quantidade de água

evapotranspirada ao longo do ciclo, tornando a planta menos exigente em água e mais resistente a possíveis situações de seca.

Quadro 8. Médias, diferença mínima significativa (DMS), coeficientes de variação (CV), teste de Tukey e equações de regressão relacionados à concentração interna de CO₂, transpiração, fotossíntese e condutância estomática da terceira avaliação (83 dias após a semeadura) das folhas bandeiras do trigo utilizando corretivos de acidez (calcário e silicato) sob déficit hídrico controlado baseado na capacidade de campo (CC)

Corretivos de Acidez	Concentração interna de CO₂ μmol mol⁻¹	Transpiração mmol m⁻² s⁻¹	Fotossíntese μmol m⁻² s⁻¹	Condutância estomática mol m⁻² s⁻¹
Calcário	271 a	4,92 a	10,81 a	0,17 a
Silicato	263 a	4,19 b	10,88 a	0,18 a
DMS	14	0,52	1,16	0,03
Déficit Hídrico (% da CC)				
20	240 ^{ns}	3,04 ²	8,55 ³	0,11 ⁴
40	265	5,28	11,86	0,20
60	278	4,75	12,43	0,23
80	285	5,13	10,55	0,21
Média	267	4,53	10,85	0,19
CV %	10,17	22,67	21,27	23,16

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Y = 229,7813 + 0,7441x R² = 0,94;

² Y = 0,7995 + 0,1447x - 0,0012x² R² = 0,79;

³ Y = 2,7158 + 0,3572x - 0,0032x² R² = 0,99;

⁴ Y = -0,0300 + 0,0085x - 0,00007x² R² = 0,77.

As médias de concentração interna de CO₂, transpiração, fotossíntese e condutância estomática foram respectivamente, 267 μmol mol⁻¹, 4,53 mmol m⁻² s⁻¹, 10,85 μmol m⁻² s⁻¹ e 0,19 mol m⁻² s⁻¹.

As variáveis foram influenciadas pelo estresse hídrico. À medida que aumentou-se a % da CC, aumentou-se a condutância estomática. A máxima transpiração (5,16 mmol m⁻² s⁻¹) foi obtida com 60% da CC; a máxima fotossíntese (12,68 μmol m⁻² s⁻¹) foi obtida com 56% da CC e a máxima condutância estomática (0,23 mol m⁻² s⁻¹) com 61% da CC (Quadro 8).

Com relação à fotossíntese, comparando os valores das duas avaliações percebeu-se que houve diminuição de fotossíntese. Agarie et al. (1998) afirmaram que o aumento da capacidade fotossintética das plantas pode estar relacionado à presença do silício no sistema, proporcionando melhor arranjo das folhas, tornando-as mais eretas e mais resistentes a possíveis danos, melhorando o aproveitamento da água disponível no solo. O aumento da

fotossíntese também foi encontrado em um trabalho constituído de três genótipos de cacau (THS 1188, CNN 51 e Catongo), três doses de silicato de potássio (0; 3 e 6 mL L⁻¹). Segundo Pinto (2011), a aplicação de silicato de potássio, a dose de 3 mL L⁻¹ proporcionou aumento na taxa de fotossíntese de 44% em relação ao controle, seguido da dose de 6 mL L⁻¹ com 14%. No entanto, a condutância estomática, a transpiração, a concentração de carbono interno e a eficiência do uso de água não diferiram estatisticamente do tratamento de controle.

5 Conclusão

Com relação aos corretivos de acidez, opta-se pelo calcário pelos maiores resultados para número de perfilhos por vaso, número de espigas por vaso, massa seca de folhas bandeiras, massa seca da parte aérea e número de espigas por espiguetas.

Para o déficit hídrico, a reposição de água baseada em 60% da CC de campo expressou os melhores resultados para máxima fotossíntese, máxima condutância estomática e máxima transpiração.

6 Referências bibliográficas

AGARIE, S.; UCHIDA, H.; AGATA, W.; KUBOTA, F.; KAUFMAN, P. B. Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Production Science**, Tokyo, v. 1, n. 2, p. 89-95, 1998.

AL-AGHABARY, K.; ZHUJUN, Z.; QINHUA, S. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2005.

ALCARDE, J. C. **Corretivo de acidez do solo: características e interpretações**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992. 26p. (Boletim Técnico 6)

ÁVILA, F. W.; BALIZA, D. P.; FAQUIN, V.; ARAUJO, J. L.; RAMOS, S. J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 325-30, 2001.

BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L. da; OLIVEIRA, C. A. da; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. de; MIRANDA, M.Z. de; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 450-457, 2011.

BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R. **Trigo no Paraná: visão histórica, situação atual e perspectivas**. In: CUNHA, GR. (Ed). Trigo no Brasil: rumo ao século XXI. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000.

BRUNETTA, D.; BASSOI, M. C.; DOTTO, S. R.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z.; TAVARES, L. C. V.; MIRANDA, L. C. Características e desempenho agrônômico da cultivar de trigo BRS 229 no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 41, n. 5, p. 889-892, 2006.

CAMARGO, M. S.; PEREIRA, H. S.; KORNDORFER, G. H.; QUEIROZ, A. A.; REIS, C. B. Soil reaction and absorption of silicon by rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 176-180, 2007.

CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1997. p. 263-274. (Boletim Técnico, 100).

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, London, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2008.

COCHARD, H.; COLL, L.; LE ROUX, X.; AMEGLIO, T. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 128, n. 1, p. 1122-1128, 2002.

COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 35, 2003, Passo Fundo. **Recomendações técnicas para a cultura do trigo**. Passo Fundo: CBPT, 2003, p.119.

DEREN, C. **Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.) *Silicon in Agriculture*. Amsterdam, Elsevier Science. 2001. p.149-158.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo do milho. Sistemas de produção**. Embrapa Milho e Sorgo, ed. 7, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivar de Trigo BR 12- Terena**. Embrapa Trigo, Mexico: CIMMYT; Dourados: EMBRAPA - UEPAE Dourados; Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Grão em grão: Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de Produção, Versão Eletrônica -7ª edição Maio./2008. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm. Acesso em 20 outubro de 2016.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, n. 1, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia. Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. cap.1, p.21-53.

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

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GONG, H. J.; CHEN, K. M.; ZHAO, Z. G.; CHEN, G. C.; ZHOU, W. J. Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different developmental stages. **Biologia Plantarum**, Netherlands, v. 52, n. 3, p. 592-596, 2008.

GONG, H. J.; CHEN, K. M.; CHEN, G. C.; WANG, S. M.; ZHANG, C. L. Effects of silicon on growth of wheat under drought. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 26, n. 5, p. 1055-1063, 2003.

GOODGER, J. Q. D.; SCHACHTMAN, D. P. Re-examining the role of ABA as the primary long-distance signal produced by water-stresses roots. **Plant Signaling and Behavior**, Austin, v. 5, n. 10, p. 1298-1301, 2010.

GUTKOSKI, L.C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F. A.; PEDÓ, I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Passo Fundo, v.31, n. 3, p.786-792, 2007.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 54-60, 2011.

JÚNIOR, V. O.; ARF, O.; COSTA, R. S. S.; BUZETTI, S. Modos de aplicação e doses de silício em dois cultivares de trigo cultivados em semeadura direta. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 377-383, 2008.

KORNDÖRFER, G. H. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFG, 2004. 39p.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **Revista STAB**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 6-9, 2002.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 623- 629, 1999.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S. & RAIJ, B.van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p.221-229 (Boletim Técnico, 100)

MA, J.F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan**. New York: Elsevier Science, 2002. 274 p.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v.11, n. 8, p. 392-397, 2006.

MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F. Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo de Pinhal, v. 6, n. 1, p. 27-37, 2009.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J. C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 761-765, 2003.

MAUAD, M.; FILHO, G.; CRUSCIOL, H. C. A. C.; CORRÊA, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 867-873, 2003.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. ed. do Autor, 1999.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 287-296, 2003.

PEREIRA, H.S.; KORNDORFER, G.H.; VIDAL, A.A.; CAMARGO, M.S. **Silicon sources for rice crop**. Scientia Agrícola, Poracibaba, v.61, p.522-528, 2004

PINTO, D. G. **Fotossíntese, crescimento e composição química em plantas de *Theobroma cacao* L. submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio e sua interação com insetos-pragas**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo- Centro de ciências humanas e naturais. p. 65, 2011.

PULZ, A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 3, n. 4, p. 1651-1659, 2008.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK, R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.151, n. 4, p.497-501, 1997.

SANTANA, G. S.; BIANCHI, P.P.M.; MORITA, I.M.; ISEPON, O.J.; FERNANDES, F.M. Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 241-246, 2010.

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

SAVANT, N. K.; KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 22, n. 12, p. 1853-1903, 1999.

SOUZA, L. C.; SIQUEIRA, J. A. M.; SILVA, J. L. S.; SILVA, J. N.; COELHO, C. C. R.; NEVES, M. G.; OLIVEIRA NETO, C. F.; LOBATO, A. K. S. Compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho sob diferentes níveis de silício e deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 117-128, 2014.

SRIPANYAKORN, S. **Silicon absorption and bone health**. 2005. Tese de Doutorado. King's College London (University of London).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. **Fisiologia vegetal**, v. 3, p. 449-484, 2009.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of sílica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K., ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center, 1995. Cap. 5, p. 420-433.

TAVARES, L. C.; FONSECA, D. Â. R.; RUFINO, C. A.; OLIVEIRA, S. D.; BRUNES, A. P.; VILLELA, F. A. Adubação silicatada em trigo: rendimento e qualidade de sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 113, n. 1, p. 94-99, 2014.

TOMASINI, R. G. A.; AMBROSI, I. Aspectos econômicos da cultura de trigo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 59-84, 1998.

VIANA, E. M.; DE CASTRO K. J. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

WINSLOW, M.D. Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 5, p. 1208-1213, 1992.