



Givago Mardini Frandoloso

**FONTES DE FERTILIZANTES E ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO**

Dissertação de Mestrado

CRUZ ALTA, RS – 2015

Givago Mardini Frandoloso

**FONTES DE FERTILIZANTES E ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, da Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Rural.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

CRUZ ALTA, JANEIRO DE 2015.

Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ
Curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural

**FONTES DE FERTILIZANTES E ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO**

Elaborado por
Givago Mardini Frandoloso

Como requisito final para aprovação no Curso de
Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural.

Comissão Examinadora:

| | |
|---|----------|
| Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin– orientador _____ | UNICRUZ |
| Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto _____ | UNICRUZ |
| Dr ^a . Caroline Wesp Guterres _____ | CCGL TEC |

Cruz Alta, 09 de Janeiro de 2015.

Aos meus pais, Sílvia e Fátima.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin, pela ajuda e disponibilidade em contribuir significativamente na elaboração desse trabalho.

À Universidade de Cruz Alta, por me proporcionar a graduação em Agronomia e, agora, oportunizar o Mestrado.

Aos meus pais, pelo incentivo, exemplo e motivação.

À minha namorada, Fernanda, pelo incentivo e companheirismo.

Às empresas UNIFÉRTIL e HERINGER, por disponibilizar os fertilizantes a fim de que pudesse efetuar a pesquisa.

Aos colegas e professores da 1ª Turma de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, que foram fundamentais na busca desse novo conhecimento.

" Quase tudo é possível quando se tem determinação e força de vontade.

Não desista tão rápido."

(Carolina Bensino)

RESUMO

FONTES DE FERTILIZANTES E ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO

Autor: Givago Mardini Frandoloso

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

A adubação nitrogenada é responsável pela produção de grãos com altos teores de proteína e, portanto, de melhor qualidade industrial. Várias fontes de fertilizantes estão hoje disponíveis no mercado, com tecnologias que visam garantir uma maior eficiência. Em vista da importância desta cultura dentro do contexto das cadeias produtivas e, agora, em tempos de adequação à legislação nacional sobre a qualidade industrial do trigo, o trabalho tem como objetivos avaliar o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura com adição de enxofre, e o uso de fontes nitrogenadas estabilizadas sobre o efeito na produtividade e na qualidade industrial dos grãos de trigo. No ano agrícola de 2012 foi conduzida pesquisa com as 03 cultivares de trigo, avaliando: Fracionamento da adubação nitrogenada no perfilhamento e alongação (proporção 1/3+2/3 e 2/3+1/3); Adubação nitrogenada na floração (sem e com 30 kg ha⁻¹ de N); e Suprimento adicional de enxofre (sem e com). A produtividade de trigo foi avaliada em outros 02 experimentos (2012 e 2013), comparando diferentes fontes de fertilizantes com inibidores de uréase e contendo micronutrientes. Não houve interação e resposta significativa para o fracionamento das doses de adubação nitrogenada no perfilhamento e alongação, da adubação nitrogenada na floração e do suprimento adicional de enxofre em nenhuma das cultivares de trigo. Isso mostra que as doses de nitrogênio utilizadas, provavelmente tenham sido suficientes para atingir as produtividades de grãos, independente do fracionamento no perfilhamento, alongação e da aplicação adicional de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na floração. Não houve efeito significativo na produtividade de grãos e na qualidade do trigo pelo suprimento adicional de enxofre. As fontes de fertilizantes nitrogenados com inibidores de uréase teve comportamento igual a ureia comum. Isso muito se deve às condições climáticas que o inverno proporciona, como menor temperatura e maior conservação da umidade do solo, diminuindo assim as perdas de amônia por volatilização na cultura do trigo. A adubação com micronutrientes não mostrou efeito significativo, pois provavelmente os teores estão em níveis adequados no solo estudado na presente pesquisa.

PALAVRAS-CHAVES: Nitrogênio, Cultivares, Força de Glúten.

ABSTRACT

FONTES DE FERTILIZANTES E ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO

Author: Givago Mardini Frandoloso

Advisor: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

Nitrogen fertilization is responsible for the production of grains with high protein and therefore best industrial quality. Various sources of fertilizers are now available in the market, with technologies designed to ensure greater efficiency. In view of the importance of culture within the context of supply chains and, now, in times of adaptation to national legislation on Wheat quality, the study aims to evaluate the effect of splitting the nitrogen topdressing with added sulfur, and the use of nitrogen sources stabilized on the effect on productivity and industrial quality of wheat grain. In crop year 2012 was conducted research with 03 wheat cultivars, evaluating: Fractionation of nitrogen fertilization at tillering and elongation (ratio $1/3 + 2/3$ and $2/3 + 1/3$); Nitrogen fertilization in flowering (without and with $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$); and additional sulfur supply (with and without). Wheat yield was evaluated in 02 other experiments (2012 and 2013), comparing different sources of fertilizers with urease inhibitors and micronutrient. There was no interaction and meaningful response to the fractionation of nitrogen fertilization at tillering and elongation, nitrogen fertilization in flowering and additional sulfur supply in any of the wheat cultivars. This shows that the nitrogen fertilizer rates probably have been sufficient to achieve the grain yield, regardless of fractionation at tillering, elongation and additional application of 30 kg ha^{-1} of nitrogen at flowering. There was no significant effect on grain yield and quality of wheat by the additional supply of sulfur. The sources of nitrogen fertilizers with urease inhibitors had behavior equal to common urea. This much is due to the climatic conditions that winter provides, such as lower temperature and higher conservation of soil moisture, thus reducing ammonia volatilization losses in wheat. The fertilization with micronutrients showed no significant effect because the levels are probably at appropriate levels in the soil studied in this research.

KEYWORDS: Nitrogen, cultivars, Strength gluten.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01 – Fórmulas químicas do NBPT e do NBPTO | 24 |
| Figura 02 – Inibição provocada pelos metais (M) pela afinidade com grupos sulfidrila (S) da enzima uréase (E) | 27 |
| Figura 03 – Precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental no ano agrícola 2012. Cruz Alta, RS. 2014 | 31 |
| Figura 04 – Precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental no ano agrícola 2012. Cruz Alta, RS. 2014 | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 – Tratamentos constituídos pelo fracionamento da adubação nitrogenada em cobertura e suprimento adicional de enxofre | 30 |
| Tabela 02 – Efeito do parcelamento de nitrogênio em cobertura e suprimento adicional de enxofre na produtividade de grãos, peso do hectolitro, proteína e força de glúten do trigo (Cruz Alta, RS, 2014)..... | 34 |
| Tabela 03 – Efeito da utilização de fontes de fertilizantes na produtividade de grãos e peso do hectolitro da cultura do trigo (Cruz Alta, RS, Safra 2012 – Estudo 01) | 37 |
| Tabela 04 – Efeito da utilização de fertilizantes nitrogenados em cobertura na produtividade de grãos e peso do hectolitro da cultura do trigo (Cruz Alta, RS, Safra 2013 – Estudo 02).. | 38 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REVISAO DE LITERATURA..... | 13 |
| 2.1 Importância da Cultura do Trigo..... | 13 |
| 2.2 Qualidade Industrial do Trigo | 14 |
| 2.3 Influência da Adubação Nitrogenada e Sulfatada na Qualidade Industrial do Trigo | 16 |
| 2.4 Fontes de Fertilizantes Nitrogenados | 18 |
| 2.4.1 Perdas de Nitrogênio | 19 |
| 2.4.2 Condições Ambientais que Favorecem Perdas de Nitrogênio | 20 |
| 2.4.3 Inibidores de Uréase | 23 |
| 2.4.3.1 Inibidor de uréase: Tiofosfato de N-(n-butil) Triamida – NBPT | 24 |
| 2.4.3.2 Ácido bórico e cobre como inibidores de uréase..... | 27 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 3.1 Efeito do Parcelamento da Adubação Nitrogenada de Cobertura e Suprimento Adicional de Enxofre na Produtividade e Qualidade Industrial do Trigo | 29 |
| 3.2 Efeito da Utilização de Fontes de Fertilizantes na Produtividade de Trigo | 31 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |
| 4.1 Efeito do Parcelamento da Adubação Nitrogenada de Cobertura e Suprimento Adicional de Enxofre na Produtividade e Qualidade Industrial do Trigo | 34 |
| 4.2 Efeito da Utilização de Fontes de Fertilizantes na Produtividade de Trigo | 36 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 39 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 40 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |

1 INTRODUÇÃO

O grão de trigo é utilizado para panificação, massa alimentícia, biscoitos, entre outros, e quando o mesmo não possui a qualidade exigida para a alimentação humana seu uso é destinado para o arraçamento animal. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), a produção de trigo no país nas últimas seis safras ficou em média 5,7 milhões de toneladas, com um consumo interno de 10,7 milhões de toneladas e com previsões de importações chegando na quantidade de 6,0 milhões de toneladas na safra 2014/2015.

Esses dados mostram que o Brasil importa quase 50% do seu consumo interno. O país poderia ser autossuficiente na produção de trigo, mas muitos fatores contribuem para isso não se concretizar, como a pequena área cultivada, os baixos rendimentos, a baixa qualidade industrial do grão, o alto custo de produção, o baixo valor comercial do produto, a falta de melhorias na política agrícola e o desconhecimento de novas tecnologias de manejo pelos produtores. Sendo assim, é essencial a adoção de novas tecnologias que proporcionem uma melhor condição de desenvolvimento da cultura, principalmente levando em consideração o manejo do nitrogênio.

A qualidade industrial do trigo está intimamente ligada ao teor de glúten, conjunto de proteínas presentes no grão e um dos principais componentes determinantes da qualidade do produto para a panificação. Para a produção de proteína nos grãos, o nitrogênio é translocado dos tecidos para a espiga durante o enchimento; portanto, a quantidade e a qualidade da proteína formada são definidas pelo teor de nitrogênio que os tecidos possuem no momento da floração. O enxofre também tem um papel importante na qualidade do grão, pois ele é o responsável pela ligação entre as proteínas formadoras da rede do glúten.

A utilização de fertilizantes nitrogenados estabilizados, como os inibidores de uréase, oferece o N de forma mais equilibrada durante o ciclo da cultura, podendo diminuir o parcelamento ou adiantar uma aplicação, garantindo a nutrição de nitrogênio em termos de aumento de rendimento e qualidade dos grãos.

Um manejo adequado na lavoura é de grande importância, pois, uma vez colhido, o trigo não tem como melhorar a sua qualidade industrial. Em vista da importância dessa cultura na cadeia produtiva gaúcha e em tempos de adequação à nova classificação da qualidade industrial do trigo, que entrou em vigor no dia 1º de julho de 2012, onde a mesma é muito mais exigente, o curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural da UNICRUZ se dispôs a

proporcionar para os produtores novas técnicas de manejo que possam trazer benefícios relacionados à produtividade e à qualidade industrial do trigo produzido.

Com base nisto, o presente trabalho objetiva avaliar o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura com adição de enxofre, e o uso de fontes nitrogenadas estabilizadas sobre o efeito na produtividade e na qualidade industrial dos grãos de trigo.

2 REVISAO DE LITERATURA

2.1 Importância da Cultura do Trigo

O trigo (*Triticumaestivum*) é uma planta anual, hermafrodita, autógama e uma das culturas de maior expansão mundial, possuindo milhares de cultivares disponíveis em todo mundo. Considerado o principal cereal, o trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem. Sua principal característica é possuir, na sua farinha, resultado da moagem do seu grão, um grupo de proteínas com certa elasticidade, chamada glúten, não encontrada em outros grãos. (TORRES *et al*, 2009)

Conforme o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, na safra 2014/2015, o trigo a nível mundial teve uma produção de 719,860 milhões de toneladas. Do total da produção mundial, os países que mais produzem são a União Europeia (com 21,59%), China (17,50%) e Índia (com 13,32%). O Brasil participa com 0,88% dessa produção e está entre os seis maiores importadores de trigo no mundo (USDA, 2014).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2014/2015, o Brasil teve uma área cultivada de trigo de 2.716,1 milhões de hectares (ha), tendo uma produção de 7.006,0 milhões de toneladas. Dentre os estados produtores, as maiores áreas cultivadas são do Paraná, com 1.356,2 milhões de ha, seguidas das do Rio Grande do Sul, com 1.140,5 milhões de ha. Esses estados, são os maiores produtores do país com números de 3.870,6 milhões de toneladas para o Paraná e 2.497,7 milhões de toneladas para Rio Grande do Sul, mostrando que ambos participam com mais de 88% de toda a produção brasileira de trigo (CONAB, 2014).

O cultivo do trigo no Brasil movimenta toda uma cadeia produtiva de máquinas, insumos, armazenagem e mão de obra, se tornando importante para a propriedade rural, uma vez que dilui os custos fixos das culturas de verão e, além disso, racionaliza a estrutura de armazenamento. Outro aspecto positivo do trigo é que ele viabiliza a rotação de culturas, reduzindo a proliferação de plantas invasoras, aumentando renda familiar rural, garantindo o fornecimento de trigo à indústria, reduzindo os gastos com importação e aumentando os investimentos internos.

2.2. Qualidade Industrial do Trigo

Por muitos anos, a qualidade do grão para a comercialização era baseada apenas no peso do hectolitro (PH). Atualmente, no entanto, muitos são os critérios a serem considerados para determinar a qualidade tecnológica do trigo, sendo necessárias várias análises. Entre as principais avaliações, estão os testes físico-químicos e reológicos.

A classificação comercial do trigo está baseada na Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, publicada no Diário Oficial da União de 1º de dezembro de 2010, ou em legislação que venha a substituí-la. A classificação comercial estima a aptidão tecnológica de trigo. Segundo a nova classificação, o trigo, para ser enquadrado como pão, deve ter uma força de glúten (W) acima de $220 \cdot 10^{-4} \text{J}$ (Joules); abaixo desse valor ele é enquadrado como doméstico e básico (COMISSÃO ..., 2012).

Os testes reológicos demonstram o comportamento da farinha, oriunda de um determinado grão de trigo, para, a partir dessa análise, direcionar o produto para um certo processo industrial, em que a qualidade seja adequada para a fabricação de alguns produtos, como massas, biscoitos, bolos e panificação. Os principais testes reológicos são a Alveografia, a Mixografia e a Farinografia (GUTKOSKI & NETO, 2002).

A alveografia simula o comportamento da farinha durante o processo fermentativo para avaliar as características visco-elásticas qualitativas da farinha de trigo através dos parâmetros força geral do glúten (W), relação elasticidade e extensibilidade (P/L) e índice de elasticidade (IE). A alveografia é composta por uma cuba de mistura própria e aparatos que executam a modelagem, e uma câmara para descanso da mesma. A massa com o formato arredondado recebe um sopro de ar que a faz inflar até se romper. A deformação é registrada através de um gráfico, onde a altura máxima e o comprimento são usados como medidas de resistência à deformação e extensibilidade.

A força de glúten (W), juntamente com outros parâmetros, é usada como critério para a classificação comercial do trigo, na qual os valores mínimos de W para os grãos de trigo serem enquadrados como adequados para pão são maiores que 220. A expressão “força de glúten” normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água (TORRES *et al*, 2009). Também é associada à maior ou à menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que, combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico, resulta em um pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta (GUTKOSKI *et al*, 2007, *apud* TORRES *et al*, 2009).

O glúten é um conjunto de proteínas insolúveis que, misturadas à água, formam uma rede proteica ligada a grânulos de amido. Durante a panificação, os grânulos retêm o CO₂ produzido no processo fermentativo. Muitas das características desejadas do pão são determinadas pela presença do glúten (TORRES *et al*, 2009).

A extensibilidade (L) é um indicativo do volume que a massa pode atingir e a elasticidade (P) é um indicativo da pressão máxima de ruptura da massa. Em geral, quanto maior o valor de L, maior será o volume do pão. Mas essa característica é dependente do valor de P. Deve existir uma proporcionalidade dos valores de P e L (relação P e L) para, associados ao valor de W (força geral do glúten), expressarem um bom potencial da panificação. A farinha que apresentar valores de P/L abaixo de 0,60 pode ser considerada de glúten extensível, de 0,61 a 1,20 de glúten balanceado, e valores de P/L acima de 1,21 de glúten tenaz (GERMANI, 2007).

O índice de elasticidade varia de 25 a 75% e está intimamente correlacionado aos fenômenos de recuperação da forma inicial após a deformação, permitindo uma melhor predição do comportamento reológico da massa usada em panificação industrial e produção de biscoitos (KITISSOU, 1995).

De acordo com Quaglia (1991), a farinografia mede a consistência da massa em relação à força necessária para misturá-la a uma velocidade constante, e a absorção de água necessária para alcançar essa consistência. As variáveis que se determinam com a análise farinográfica são: absorção de água em porcentagem; desenvolvimento da massa em minutos; estabilidade em minutos e o grau de amolecimento em Unidades Farinográficas (FU) (QUAGLIA, 1991).

O aparelho é composto por um malaxador que mistura a farinha de trigo, uma bureta milimetrada para auxiliar na adição de água destilada e um registrador que elabora um diagrama conhecido como farinograma. Este último oferece os seguintes parâmetros: absorção de água, tempo de desenvolvimento da massa, estabilidade, índice de tolerância à mistura e ao tempo de quebra (RANKEN, 1993).

A análise de mixografia é um dos testes reológicos que estimam a força de glúten por meio das características físicas da farinha (MITTELMANN *et al*, 2000). O teste mostra as características do glúten da farinha, através da estabilidade da massa (mistura de farinha com água), pelo amassamento da massa com os pinos rotativos e fixos do mixógrafo. Enquanto a massa vai sendo trabalhada pelo aparelho, as informações são registradas em computador, na forma de um gráfico, interpretado pelo software. O gráfico produzido possibilita algumas interpretações, como o tempo ideal de amassamento (TA), que corresponde ao início do

procedimento até o pico mais alto do gráfico, medido em segundos. A partir do TA, até que a linha resposta do gráfico comece a cair em direção ao eixo X, é representada a estabilidade da massa, em segundos.

A estabilidade indica o tempo em que a massa mantém suas propriedades físico-elásticas consistentes (GUTKOSKI *et al*, 2011a). Durante o amassamento, depois que a massa forma a rede visco-elástica (glúten), se ainda continuar o processo de amassamento, o glúten começa enfraquecer. A resistência a este amassamento excessivo é o que determina a estabilidade da farinha (VÁZQUEZ, 2009). Quanto maior o tempo em que a massa resiste ao amassamento, maior é a força de glúten presente na massa. Para a fabricação de massas que necessitem tempo de mistura alto, como em pães, há a necessidade de utilizar farinhas com alta estabilidade, acima de 10 minutos, caso contrário as ligações entre as proteínas formadoras do glúten são quebradas, fazendo com que a massa torne-se pegajosa perdendo a capacidade de retenção de gases gerados pelo processo de fermentação (GUTKOSKI *et al*, 2009).

O número de queda (Falling Number) ou de Hagberg caracteriza as farinhas de trigo quanto à atividade das amilases, permitindo, assim, prever seu comportamento durante a etapa de fermentação da massa no processo de panificação. Por meio desse índice, pode-se estimar a capacidade de fermentação que a massa de uma determinada farinha possui (CAZETTA *et al*, 2008).

2.3 Influência da Adubação Nitrogenada e Sulfatada na Qualidade Industrial do Trigo

O nitrogênio (N) tem grande importância para a cultura do trigo devido à sua participação nas funções metabólicas de síntese e constituição de proteínas (VIEIRA *et al*, 1995). A qualidade industrial do grão do trigo pode ser influenciada positivamente com um manejo diferenciado de N, sendo esse nutriente considerado a matéria-prima da qualidade de panificação. Pomeraz (1987) explica que a qualidade do grão do trigo é consequência da interação que a cultura sofre no campo, pelo efeito das condições de solo, do clima, da incidência de pragas e moléstias, manejo da cultura, da cultivar, bem como das operações de colheita, secagem, armazenamento, moagem e, por fim, do uso industrial a ser dado à farinha.

De acordo com Peltonen (1992), a concentração de proteínas nos grãos do trigo é um dos principais fatores determinantes da qualidade. O teor e a qualidade das proteínas são especialmente afetados pelas diferenças ambientais, como clima, irrigação, temperatura,

fertilidade, mobilidade do nutriente no solo e na planta, e disponibilidade de nitrogênio no solo (OLSON, 1979, *apud* COELHO *et al*, 2001). Soares Sobrinho (1999) verificou aumento no teor de proteína nos grãos, passando de 10,76 para 13,01 %, quando a dose de N variou de 0 a 120 kg ha⁻¹, sendo que ele também observou que as características físico-químicas e reológicas mais influenciadas positivamente pela adubação nitrogenada foram teor proteico e força de glúten. Vários outros autores indicam aumentos do teor proteico nos grãos com o aumento das doses de N, como Camargo *et al* (1988), Puri *et al* (1989), Borgui *et al* (1994).

A qualidade industrial do trigo está correlacionada com a força de glúten (W). Para a obtenção de um trigo com uma força de glúten (W) satisfatória, os grãos devem ter um teor mínimo de proteína de 13%. O teor de proteína no grão está intimamente ligado à alta força de glúten: quanto maior for o teor, maior será o W e conseqüentemente melhor a qualidade do grão. Num estudo no Norte do Paraná, Rosa Filho (2010) encontrou uma relação entre a porcentagem de proteína no grão de trigo e a qualidade expressa pela força de glúten (W), em amostras oriundas de diferentes lavouras de trigo.

Para a síntese de proteína nos grãos, o nitrogênio é translocado das folhas para a espiga durante o enchimento de grãos. Grande parte do nitrogênio usado para sintetizar proteína no grão é absorvida antes da floração. Sendo assim, a quantidade de N armazenada nos tecidos da planta no momento da floração define o N disponível para formação de proteína. Em termos gerais, quanto antes no ciclo o N for fornecido mais ele será usado para aumentar o rendimento e menos para aumentar a porcentagem de proteína nos grãos. Da mesma forma, quanto mais tarde o N for disponibilizado (espigamento-floração) maior vai ser o seu direcionamento para formar proteína do grão e melhorar qualidade, e menor será seu impacto no rendimento de grãos (ROSA FILHO, 2010).

Cazetta *et al* (2008) estudando o comportamento de 5 cultivares de trigo, observou que a força de glúten aumentou linearmente com as doses de N variando de 120 kg ha⁻¹. Rosa Filho (1998) conseguiu aumento da força de glúten com a cultivar Rubi com uma aplicação adicional de nitrogênio na floração de 40 kg ha⁻¹, elevando para 270j⁻⁴ contra 210j⁻⁴ do tratamento sem aplicação adicional de nitrogênio na floração.

A essencialidade do enxofre (S) para as plantas é indiscutível, pela presença essencial dos aminoácidos sulfurados cistina, cisteína e metionina, que compõem as proteínas vegetais (THOMAS *et al*, 1950). Desta maneira, a síntese das proteínas que requerem estes aminoácidos, como exemplo a glutenina do trigo, torna-se prejudicada pela deficiência de enxofre.

A Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) definiu como o teor

crítico de enxofre no solo o referente a 10 mg dm^{-3} , sendo que quando esse nutriente está abaixo desse teor há grandes chances de se obter resposta à adubação sulfatada. Dias (2013) fez um diagnóstico dos teores de S extraível nos solos das áreas manejadas em agricultura de precisão no Rio Grande do Sul, onde utilizaram-se de 72.879 análises de solo e chegaram à conclusão que 24,1% das amostras tinham teores de menores que 5 mg/dm^{-3} e 43,4% estavam entre 5,1 e 10 mg dm^{-3} ; portanto, 67,5% das amostras apresentam probabilidade de respostas à aplicação de fertilizantes contendo enxofre.

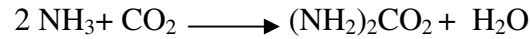
Levando em consideração a qualidade da panificação, a deficiência de S tem grande influência nas propriedades tecnológicas do trigo, como aumento excessivo na força da massa, decréscimo da extensibilidade e células do miolo de menor volume e textura inferior (ZHAO *et al*, 1999a; ZHAO *et al*, 1999b). Na panificação, os aminoácidos sulfurados do glúten do trigo formam ligações cruzadas na massa, criando uma rede elástica e contínua que retém o CO_2 libertado durante o processo de fermentação, permitindo, assim, o crescimento do pão (GRANT, 2014).

2.4. Fontes de Fertilizantes Nitrogenados

A ureia é o principal fertilizante nitrogenado sólido utilizado na agricultura a nível mundial. No Brasil, esse produto responde por cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados comercializados (CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

Do ponto de vista agrícola, a ureia apresenta algumas vantagens tais como menor preço por unidade de N, alta concentração de N, menor custo com transporte, compatibilidade com outros fertilizantes, ser prontamente disponível para as plantas e causar menor acidificação do solo (URQUIAGA; MALAVOLTA, 2002; CONTIN, 2007; CANTARELLA *et al*, 2008).

A ureia é um produto sintético de fórmula $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ (DIAS *et al*, 2006; CHAGAS, 2007), cuja composição apresenta unicamente os elementos N, C, H e O. Os três últimos são abundantes na natureza, na forma de diversos compostos, sendo vitais para os seres vivos (CO_2 e H_2O). A ureia apresenta-se na forma granulada e de cor branca; no entanto, pode ser rosada, conforme o processo de fabricação (MALAVOLTA, 2006). Ela é obtida por reação de amônia e gás carbônico sob alta pressão em presença de catalisador (CHAGAS, 2007), a reação simplificada do processo, é a seguinte:



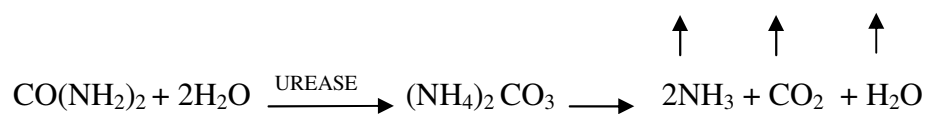
O aproveitamento do N-ureia pelas plantas é muito baixo; isso acontece devido às perdas de nitrogênio por lixiviação, desnitrificação e, principalmente, por volatilização de amônia (NH_3) que pode acarretar em perdas de até 78% do N aplicado (LARA CABEZAS *et al*, 1997).

2.4.1. Perdas de Nitrogênio

A perda de N por volatilização de amônia é o principal motivo da baixa eficiência do N-ureia aplicado via solo. Rojas *et al* (2012), avaliando a volatilização de NH_3 em função de diferentes manejos de solo e cobertura, observou perdas de NH_3 entre 14 e 18% do N aplicado, o que foi equivalente a $0,18 \text{ kg ha}^{-1}$ de N- NH_3 volatilizado por kg de N-ureia aplicado. Stafanato *et al* (2013) observou perdas de NH_3 de 45% em condições controladas visando o aumento das perdas por volatilização. Maiores perdas de NH_3 foram constatadas por Lara Cabezas *et al* (1997) na cultura do milho, onde a volatilização de NH_3 alcançou 78% do N-ureia aplicado.

A volatilização de NH_3 oriunda do N-ureia ocorre quando o fertilizante é aplicado ao solo; ele sofre uma hidrólise enzimática através da enzima uréase, fazendo com que essa reação consuma prótons de hidrogênio (H^+), aumentando o potencial Hidrogeniônico (pH) ao redor dos grânulos e produzindo amônio (NH_4^+) (CANTARELLA; MARCELINO, 2007; COSTA *et al*, 2003). Essa neutralização da acidez potencial pode elevar o pH ao redor dos grânulos do fertilizante, aplicado em valores de 8,7 (RODRIGUES *et al*, 1992). Resultados semelhantes foram observados por Overrein e Moe (1967), que notaram que o pH ao redor das partículas do fertilizante subiu de 6,5 para 8,8 três dias após a adubação.

Com a elevação do pH, o NH_4^+ , se não for absorvido pelo solo, reage com os OH^- resultando em NH_3 que é volatilizado como mostra a reação (CANTARELLA; MARCELINO, 2007; COSTA *et al*, 2003):



Portanto, em solos ácidos, como os que predominam no Brasil, ao contrário do que ocorre com a ureia, outros fertilizantes nitrogenados contendo N amoniacal, tais como o sulfato de amônio e o nitrato de amônio, tendem a manter a maior parte do N na forma NH_4^+ , que é estável (CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

A enzima uréase, responsável pela hidrólise da ureia, está presente na natureza em micro-organismos, plantas e animais. No solo, é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos, ou, ainda, originada de restos vegetais (REYNOLDS *et al*, 1987).

Sendo assim, é encontrada em quase todos os solos e se trata de uma enzima relativamente persistente no solo, devido ao fato de ficar protegida da ação de outras proteases, permanecendo no interior de agregados do solo, onde o substrato (ureia) consegue penetrar, mas não moléculas de maior peso molecular, como as proteases (PALUCCI, 2004). A atividade da uréase, por estar ligada à microbiota do solo, é influenciada por valores de pH, umidade, temperatura, concentração de substrato, sistema de cultivo, material orgânico e matéria orgânica (LONGO; MELO, 2005; ROJAS *et al*, 2012; STAFANATO *et al*, 2013).

2.4.2. Condições Ambientais que Favorecem Perdas de Nitrogênio

Para haver a volatilização de NH_3 , é preciso acontecer a hidrólise da ureia, que é catalisada pela enzima uréase. Enzima que tem a sua ação influenciada diretamente pelas condições ambientais de clima e solo. Em solos com umidade adequada e com alta temperatura, a hidrólise de boa parte da ureia pode ocorrer em intervalo curto de tempo: de 1 a 3 dias (CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

A temperatura tem grande influência sobre a velocidade de hidrólise da ureia, sendo que foi demonstrado por Longo e Melo (2005) que a velocidade de hidrólise da ureia aumentou significativamente dos 5 aos 50°C. Tasca *et al* (2011) observou perdas que equivalem a 50 kg ha⁻¹, na temperatura de 35°C, o que representa aproximadamente 50% do N aplicado e na temperatura de 18°C, menos de 30% do N aplicado volatilizou. Resultados esses que corroboram com Ernst *et al* (1960), que observou que a 8°C e a 16°C as perdas de NH_3 foram reduzidas em 71 e 56%, respectivamente, da observada a 32°C.

A atividade da uréase é dependente da umidade do solo. Quando ele está seco, a ureia pode permanecer estável (VOLK, 1966), mas a taxa de hidrólise aumenta conforme o

teor de umidade do solo se eleva, até que este atinja 20%; a partir deste ponto, a taxa de hidrólise é pouco afetada pelo teor de água (BREMNER; MULVANEY, 1978).

A velocidade e a umidade do ar são importantes para determinar a volatilização de NH_3 , pois influenciam a taxa de evaporação da água do solo, que arrasta a NH_3 . Se a umidade do ar estiver muito baixa, o solo pode secar antes da hidrólise da ureia, e a perda de NH_3 será pequena (SOMMER *et al*, 2004). Ernest e Massey (1960) encontraram maior perda de NH_3 quando a umidade do ar estava em 55%, comparando com 0 e 100%, e argumentaram que a volatilização de NH_3 estava correlacionada com a perda de água do solo.

Lara Cabezas *et al* (1992) mostrou que o secamento do solo foi mais determinante do que a umidade inicial na volatilização de NH_3 . Contudo, se o solo estiver seco e a umidade do ar for alta, haverá perda de NH_3 devido à alta higroscopicidade da ureia (SOMMER *et al*, 2004; CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

O aumento da velocidade do ar eleva a perda de NH_3 . Terman (1979), em estudo com condições controladas, relatou que houve aumento na perda de amônia com a elevação do fluxo de ar até 3 L min^{-1} , e, acima desse valor, a perda pouco se alterou. Entretanto, em dias com forte radiação solar, a velocidade do ar pode esfriar o solo e reduzir a volatilização de NH_3 (SOMMER *et al*, 2004).

De acordo com Longo e Melo (2005), existem vários estudos sobre os efeitos de diferentes valores de pH do solo sobre a atividade da enzima uréase; no entanto, os resultados são muito divergentes. Esses mesmos autores relataram em seu estudo que a velocidade de hidrólise da ureia aumentou significativamente no intervalo de pH 2,2 até o pH 8,0. Pettit *et al* (1976) encontrou como pH ótimo, valores que variam de 6,5 a 7,0.

Em solos com maior teor de argila, a perda por NH_3 é menor, devido ao maior poder tampão da acidez do solo e à maior capacidade do solo em reter o amônio produzido na hidrólise da uréia (CANTARELLA; MARCELINO, 2007). Stevens *et al* (1989) correlacionaram as propriedades de 36 solos com a perda de NH_3 e mostraram que o pH e o poder tampão da acidez foram os que mais influenciaram na volatilização de NH_3 , resultados que foram corroborados por WATSON *et al* (1994), em estudo com 16 solos. Como a textura do solo e o teor de matéria orgânica estão diretamente relacionados com o poder tampão, em solos mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica as perdas de NH_3 tendem a ser menores (FENN & KISSEL, 1976; NELSON, 1982; WATSON *et al*, 1994; SOMMER *et al*, 2004).

O sistema de cultivo do solo influencia a volatilização NH_3 , na medida que há no sistema plantio direto (SPD), em relação ao plantio convencional (PC) pela manutenção dos

resíduos vegetais na superfície do solo, um aumento no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, na concentração da enzima uréase, favorecendo a volatilização de amônia. Lanna *et al* (2010) observou maior atividade da enzima uréase sob plantio direto.

Segundo o autor (LANNA *et al*, 2010), isso se deve ao SPD promover incrementos no teor de matéria orgânica, devido à manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, ficando evidente que deve haver correlação positiva entre atividade de uréase e teor de matéria orgânica do solo. Resultados semelhantes foram conseguidos por Lisboa *et al* (2012) que também observou maior atividade da enzima uréase sob SPD que PC. A permanência da camada de resíduos culturais também pode alterar o contato dos grânulos da ureia com o solo, o que limita a sua difusão no solo. Por outro lado o maior estoque de matéria orgânica em superfície aumentaria a adsorção de $N-NH_4$ e a capacidade tampão do solo limitando o processo de volatilização (LANNA *et al*, 2010; ROJAS *et al*, 2012; RODRIGUES; KIEHL, 1986).

A maior temperatura na camada superficial do solo em PC do que em PD (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990) aumentaria a taxa de hidrólise da ureia e a evaporação da água do solo, potencializando a volatilização do N-ureia. No entanto, a formação de uma camada seca na superfície do solo revolvido pode atuar como barreira à difusão do vapor e à ascensão capilar da água, reduzindo a evaporação a longo prazo (LINDEN, 1982; JALOTA; PRIHAR, 1990; MWENDERA; FEYEN, 1994), o que pode, nesse caso, limitar a volatilização. A ausência da barreira física dos restos culturais em PC facilita o contato da ureia com o solo, facilitando a sua dissolução e incorporação, diminuindo a volatilização.

Segundo Da Ros *et al* (2005), a presença de resíduos culturais pode diminuir a volatilização de NH_3 somente quando os resíduos mantiverem maior umidade no solo em relação ao solo descoberto.

Em estudo desenvolvido em laboratório por Sangoi *et al* (2003), com dois solos, a presença de cobertura morta de aveia diminuiu a volatilização de NH_3 no Nitossolo Vermelho quando a ureia foi aplicada em superfície sem incorporação. Já no Neossolo Quartzarênico, a manutenção dos resíduos na superfície aumentou a quantidade de NH_3 volatilizada. Esses autores acreditam que no Nitossolo a presença de resíduos foi benéfica na manutenção de maior umidade, favorecendo a nitrificação e diminuindo a difusão ascendente de NH_3 que ocorre juntamente com a evaporação de água.

Rojas *et al* (2012) mostrou que o SPD apresentou maior perda acumulada de N-NH₃ do que o PC, sendo de 14 a 18% no SPD e 1 a 3% no PC do N aplicado. Lara Cabezas *et al* (1997) observou perdas maiores ainda de 78% do N aplicado no SPD e 31% em PC.

O orvalho e a época de ocorrência e a intensidade da chuva também são importantes para determinar a magnitude da volatilização (BLACK *et al*, 1987). A precipitação pluvial pode aumentar as perdas de N, pois a adição de água no solo permite que ocorra a dissolução da ureia e início da hidrólise. Por outro lado a precipitação em volumes adequados tem o potencial de transporte do N-ureia e amoniacal em profundidade no solo, aumentando a adsorção e diminuindo a volatilização (VIERO *et al*, 2012).

Chuviscos insuficientes para incorporar a ureia podem incrementar as perdas de NH₃ por fornecer a umidade necessária à hidrólise (KONG *et al*, 1991; FRENEY *et al*, 1992) sem, no entanto, incorporar a ureia ao solo. Em áreas de solo descoberto, 10 a 20 mm são considerados suficientes para incorporar a ureia e reduzir ou mesmo eliminar as perdas de NH₃ (HARGROVE, 1988). No entanto, a presença de palha parece aumentar a exigência da lâmina de água.

Lara Cabezas *et al* (1997a) mediu perdas substanciais de NH₃ em área de milho em SPD mesmo após uma irrigação com 28 mm de água realizada após a aplicação da ureia. Em área coberta com palhada de cana, Oliveira *et al* (1999) observou perdas significativas de NH₃ mesmo após 38 mm de chuva. O orvalho também influencia a volatilização, pois ele pode fornecer água suficiente para que ocorra hidrólise da ureia e, conseqüentemente, perda de NH₃, mesmo quando ela for aplicada em solo seco (CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

A concentração do substrato também tem influência sobre a volatilização de NH₃. A hidrólise é aumentada com o acréscimo na concentração do substrato até atingir uma quantidade de ureia adicionada suficiente para saturar a enzima (ZANTUA; BREMMER, 1977). Longo e Melo (2005), estudando a velocidade de hidrólise em dois tipos de solos, sob diferentes concentrações de ureia (0,039 – 5,0 g L⁻¹), observaram que no Latossolo Vermelho Alumino férrico a velocidade máxima foi obtida na concentração de 3,30 g/L⁻¹, enquanto para o Latossolo Vermelho distrófico típico o valor encontrado foi de 2,5 g/L⁻¹.

2.4.3 Inibidores de Uréase

Uma alternativa de minimizar as perdas de ureia por volatilização e aumentar assim a sua eficiência, é o tratamento prévio desse fertilizante com inibidores da uréase

(CANTARELLA *et al*, 2008; SCIVITTARO *et al*, 2010; CIVARDI *et al*, 2011), que atua sobre a molécula da ureia por um período pré-determinado.

Nos últimos anos, novas tecnologias têm sido desenvolvidas com o intuito de minimizar as perdas de N-ureia por volatilização, como o uso de inibidores da uréase (principalmente o NBPT) e o revestimento da ureia com micronutrientes, especialmente cobre (Cu) e boro (B), e de polímeros que interferem na hidrólise e/ou na solubilização da ureia no solo (VITTI *et al*, 2002; CANTARELLA, 2007).

A utilização desses produtos pode ocasionar diminuição da volatilização em até 80%, sendo essas tecnologias as principais comercializadas para as culturas de grãos, cana-de-açúcar e fibras (VITTI *et al*, 2002; CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

2.4.3.1 Inibidor de Urease:Tiofosfato de N-(n-butil) Triamida– NBPT

Mais de 14.000 compostos orgânicos, inorgânicos e combinações têm sido testados como inibidores de uréase (KISS; SIMIÃO, 2002). Os produtos que têm apresentado os melhores resultados são os análogos de ureia como o PPD (fenil-fosfordiamidato) e especialmente o Tiofosfatode N-(n-butil) triamida – NBPT (Figura 01), comercializado desde 1996 nos Estados Unidos e mais recentemente no Brasil.

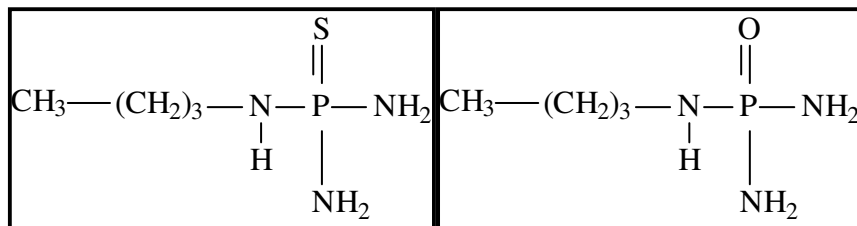


Figura01–Fórmulas químicas do NBPT e do NBPTO
Fonte: WATSON (2000)

O PPD mostrou resultados inconsistentes em testes de campo, apresentando alta eficiência em alguns casos, mas não em outros (WATSON, 2000). Além disso, o PPD se decompõe rapidamente no solo, produzindo o fenol, que é um inibidor de uréase relativamente fraco (BREMNER; AHMAD, 1995); o PPD também tende a se decompor no estado sólido em misturas com ureia, conduzindo à perda da capacidade inibidora em intervalos de tempo relativamente curtos (RADEL *et al*, 1988).

O NBPT é um composto que apresenta características de solubilidade e difusividade similares à da ureia (RADEL *et al*, 1988; WATSON, 2000) e vem mostrando os melhores resultados. O NBPT bloqueia fortemente três pontos ativos da molécula uréase (MANUNZA *et al*, 1999), e tem características de solubilidade e difusão, semelhantes à ureia (CARMONA *et al*, 1990). O NBPT não é inibidor direto da uréase; para tal necessita ser convertido em NBPTO (fosfato de N-n-butiltriamida) (Figura 01). Os fatores que afetam esta conversão não estão bem esclarecidos, mas devem depender de várias propriedades dos solos (WATSON, 2000). Esta conversão é rápida em solos bem arejados (minutos ou horas), mas pode levar vários dias em condições de solos inundados (WATSON, 2000).

A ureia é hidrolisada rapidamente logo na primeira semana após sua aplicação no solo, tornando-se suscetível às altas perdas por volatilização de NH_3 ; dessa forma, é exatamente nesse período que a atuação de NBPT é mais evidente, retardando a hidrólise e, conseqüentemente mantendo baixa a taxa de volatilização (RAWLUK *et al*, 2001). Ao retardar a hidrólise o inibidor permite a difusão da ureia no solo; assim, o inibidor evita alta concentração de NH_4^+ e pH elevado na zona de aplicação do fertilizante e diminui a volatilização de NH_3 (CHRISTIANSON *et al*, 1993).

A adição de NBPT pode reduzir em grande parte a perda de N por volatilização. Em experimento feito em condições controladas de laboratório com 16 solos, Watson *et al* (1994) chegaram a uma média de 68% de redução. Em experimentos de campo com a cultura do milho, Cantarella *et al* (2009) concluíram que o inibidor reduz, em média, em 56% a volatilização de NH_3 .

Em uma rede de experimentos, feitos no estado de SP com soqueira de cana-de-açúcar em solo coberto com palha, Cantarella *et al* (2008) mostrou que a redução de perdas de amônia com a adição de NBPT à uréia foi de cerca de 52%, quando o fertilizante foi aplicado em clima úmido, e de 32% em clima seco.

A menor eficiência de redução do inibidor obtida em clima seco ocorreu devido ao fertilizante ter ficado na camada de palha na superfície e não ter sido incorporado ao solo, e por não ocorrer chuva no tempo em que o inibidor é mais eficiente, cerca de 7 a 10 dias (CANTARELLA *et al*, 2008).

Riquetti *et al* (2012) conduziu um experimento onde os tratamentos constaram de três épocas de irrigação no milho com uma lâmina de água de 20mm em relação à época de aplicação de duas fontes de adubo nitrogenado, ureia e ureia com inibidor de uréase (NBPT). As três épocas de irrigação testadas foram imediatamente antes e após a aplicação dos dois adubos nitrogenados e aos sete dias após sua aplicação.

No terceiro tratamento, as parcelas principais não receberam água próxima à época de aplicação das duas fontes de adubo nitrogenado, seja oriunda da precipitação pluvial ou da irrigação. Os ganhos obtidos com a aplicação da ureia com inibidor da uréase em relação à aplicação de ureia comum foram de 900, 1620 e 1380 kg ha⁻¹, respectivamente em relação à adubação realizada imediatamente após e imediatamente antes da irrigação e à irrigação realizada aos sete dias após a adubação.

Já Vieiro *et al* (2012) observou que as perdas por volatilização de amônia foram reduzidas em 57% quando adicionado inibidor de uréase (NPBT) à ureia, aplicada imediatamente após a irrigação de 20mm e com irrigação a 7 dias após a aplicação. Já com a irrigação após a aplicação, não houve diferença estatística entre a ureia comum e a tratada com inibidor de uréase.

O NBPT é eficiente em baixas doses. No estudo de Watson *et al* (1994), com 16 solos, o inibidor foi adicionado à ureia nas doses de 100 a 2800 mg kg⁻¹. Na dose de 580 mg kg⁻¹, o NBPT reduziu em 68% a volatilização de NH₃; acima desta dose, houve pouca diferença, atingindo o máximo de inibição na dose de 1000 mg kg⁻¹, que correspondeu a 80% de redução.

Há dúvidas quanto à estabilidade do NBPT após sua aplicação à ureia, pois o inibidor tende a perder eficiência com o tempo de armazenamento. O fabricante da marca comercial "Nmax"¹ (ureia com adição de NBPT) sugere que o produto pode ser armazenado por até 6 meses, dependendo das condições de armazenamento (UNIFÉRTIL, 2014). Porém, em regiões tropicais, onde a temperatura é mais elevada, pode ocorrer degradação do NBPT, conforme mostrado no estudo de Watson *et al* (2008), em que a meia vida do NBPT foi de 10 semanas quando armazenado a 25°C, o que poderia afetar a eficiência do inibidor em reduzir a volatilização de NH₃.

Depois de aplicado ao solo, o NBPT tende a ser menos eficiente em altas temperaturas, onde há maior atividade de uréase, maior dissolução dos grânulos e maior evaporação da solução do solo, que provoca a movimentação da ureia e da NH₃ em direção à superfície (RAWLUK *et al*, 2001).

O NBPT demonstra ser mais eficiente em solos com alto valor de pH e baixo teor de matéria orgânica. Watson *et al* (1994) observou a ureia tratada com inibidor de uréase em 16 solos diferentes e observou que a redução da NH₃ volatilizada em função do tratamento da ureia com NBPT foi menor em solos mais ácidos, sendo comparados solos com pH-H₂O que variaram de 5,7 a 7,6.

2.4.3.2. Ácido Bórico e Cobre como Inibidores de Uréase

Muitos metais são capazes de inibir a ação da uréase, entre eles: Ag, Hg, Cd, Cu, Mn, Ni e Zn (BAYRAKLY, 1990). Parece que os metais reagem com os grupos sulfidrila da enzima uréase, tornando-a inativa (MARIANO *et al*, 2011). Shaw(1954) avaliou a ação dos metais na uréase e, de acordo com outros trabalhos na bibliografia, chegou à seguinte sequência de “toxidez” ou inibição à uréase: $Ag^+ \sim Hg^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} > Co^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} = Sn^{2+} = Mn^{2+} = Pb^{2+}$.

A enzima uréase contém um ou mais grupos sulfidrila, que são partes ativas da molécula. A inibição provocada pelos metais é devido à ligação do metal nestes grupos e a formação de sulfetos insolúveis; conseqüentemente, o melhor inibidor será o que tiver maior afinidade com o grupo sulfidrila e formar o composto sulfeto mais insolúvel (Figura 02; SHAW, 1954):

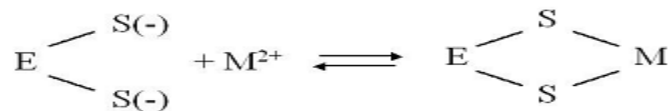


Figura 02 – Inibição provocada pelos metais (M) pela afinidade com grupos sulfidrila (S) da enzima uréase (E).

Fonte: SHAW (1954)

A atividade inibitória do ácido bórico (H_3BO_3) se deve a ele ficar simetricamente entre os dois átomos de Níquel (que estão no sítio ativo da enzima) e ter forma geometricamente semelhante ao substrato ureia; portanto, o H_3BO_3 é considerado como um substrato análogo (BENINI *et al*, 2004).

A efetividade dos compostos inorgânicos parece ser um tanto baixa (BREMNER; DOUGLAS, 1971; TABATABAI, 1977); além disso, alguns desses elementos são metais pesados e podem contaminar os solos. Entre os micronutrientes de interesse e que têm mostrado capacidade de inibir a uréase estão o cobre (Cu) e o boro(B) (ácido bórico). Não há certeza sobre a concentração de Cu efetiva.

Alguns estudos revelam que concentrações baixas, 4 g kg^{-1} de cobre (sulfato de cobre) na ureia, reduziram a volatilização de NH_3 (SOR *et al*, 1966, *apud* KISS; SIMIHĂIAN, 2002). Entretanto, em outros casos, a redução só foi significativa acima de 10 g kg^{-1} , na qual proporcionou redução de 27% na perda (WINIARSKI, 1990, *apud* KISS; SIMIHĂIAN, 2002). O efeito do ácido bórico tem sido relatado em concentrações de $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ de B na ureia, com 17% na redução de volatilização de NH_3 , (SOR, 1968, *apud* KISS; SIMIHĂIAN, 2002) e de 9 g kg^{-1} reduzindo em 50% as perdas (NÖMMIK, 1973).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Efeito do Parcelamento da Adubação Nitrogenada de Cobertura e Suprimento Adicional de Enxofre na Produtividade e Qualidade Industrial do Trigo

O projeto foi conduzido no ano agrícola de 2012, a campo, na área experimental da CCGL TECNOLOGIA, situada na Rodovia RS 342 km 149, pertencente à Região Triticola 1 (fria, úmida e alta), em Cruz Alta, RS. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999), pertence à Unidade de Mapeamento de Passo Fundo (BRASIL, 1973).

As características químicas do solo analisadas na camada de 0 a 20 cm, visando à caracterização da condição do estudo são: Argila 52%, pH H₂O 5,3, Índice SMP 5,8, Matéria Orgânica 3,0%, Fósforo (Mehlich-I) 15,8mg dm⁻³, Potássio (Mehlich-I) 234mg dm⁻³, Alumínio 0,2 cmol_cdm⁻³, Cálcio 4,7 cmol_cdm⁻³, Magnésio 1,6 cmol_cdm⁻³, Cobre 9,5mg dm⁻³, Enxofre 12,4mg dm⁻³, Zinco 4,0mg dm⁻³, Manganês 103mg dm⁻³ e Boro 0,4mg dm⁻³.

A pesquisa foi realizada com três cultivares de trigo com características distintas. Cada cultivar de trigo foi considerado um experimento.

Os tratamentos serão constituídos pela combinação de três fatores, conforme descrito abaixo e apresentado na Tabela 1.

- Fator A: Fracionamento da adubação nitrogenada no perfilhamento e alongação (proporção 1/3+2/3 e 2/3+1/3);
- Fator B: Adubação nitrogenada na floração (sem e com 30 kg ha⁻¹ de N);
- Fator C: suprimento adicional de enxofre (sem e com).

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada em dois parcelamentos, na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, realizada no início do perfilhamento e da alongação da cultura do trigo, obedecendo as proporções descritas nos tratamentos. Foi utilizada uma aplicação adicional de 30 kg ha⁻¹ de N, no estágio da floração da cultura do trigo, nos Tratamentos 3, 4, 7 e 8. Em ambos os casos, foi utilizada a uréia (45% de N) como fonte de fertilizante nitrogenado, sendo o fertilizante aplicado à lanço na superfície do solo. Foi utilizado um suprimento adicional de

enxofre, com 500 kg ha^{-1} de gesso (15% de S), nos Tratamentos 2, 4, 6 e 8, aplicados a lanço em superfície imediatamente antes da semeadura da cultura.

Tabela 01– Tratamentos constituídos pelo fracionamento da adubação nitrogenada em cobertura e suprimento adicional de enxofre.

| Tratamentos | Adubação Nitrogenada em Cobertura | | | Suprimento Adicional de Enxofre * |
|-------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | Início do Perfilhamento | Início da Elongação | Floração | |
| 1 | 2/3 da dose | 1/3 da dose | Sem aplicação | Sem |
| 2 | 2/3 da dose | 1/3 da dose | Sem aplicação | Com |
| 3 | 2/3 da dose | 1/3 da dose | 30 kg ha^{-1} de N | Sem |
| 4 | 2/3 da dose | 1/3 da dose | 30 kg ha^{-1} de N | Com |
| 5 | 1/3 da dose | 2/3 da dose | Sem aplicação | Sem |
| 6 | 1/3 da dose | 2/3 da dose | Sem aplicação | Com |
| 7 | 1/3 da dose | 2/3 da dose | 30 kg ha^{-1} de N | Sem |
| 8 | 1/3 da dose | 2/3 da dose | 30 kg ha^{-1} de N | Com |

* Uso de enxofre na semeadura: 500 kg ha^{-1} de gesso (15% de S)

O delineamento experimental foi o tri-fatorial ($2 \times 2 \times 2$) em blocos ao acaso, com 4 repetições, e as parcelas de $3,0\text{m} \times 7,0\text{m}$ (totalizando uma área útil de $21,0\text{m}^2$). A semeadura foi realizada em 20 de junho de 2012. A precipitação pluviométrica, diária e acumulada, ocorrida no período experimental é apresentada na Figura 3.

A adubação de base foi realizada no momento da semeadura, utilizando-se de 300kg/ha^{-1} da formulação 10-30-20, disponibilizando 30kg/ha^{-1} de N, de forma uniforme em todos os tratamentos. Os demais tratos culturais da cultura de trigo foram realizados segundo as Informações Técnicas para a Safra 2012 Trigo e Triticale (REUNIÃO..., 2011), respeitando as condições descritas nos tratamentos.

Foi avaliada a produtividade de grãos da cultura do trigo, colhendo-se uma área útil de cada parcela, correspondente a 8 linhas de 5 metros de comprimento e espaçamento de 0,17 metros entre linhas (área= $6,8 \text{ m}^2$). Amostras de grãos de cada parcela colhida de trigo foram submetidas à análise da qualidade tecnológica do trigo.

As determinações seguiram metodologia específica, conforme segue: peso do hectolitro – PH (BRASIL, 2009); teor de proteínas pelo método nº 46-12, Alveografia pelo método nº 54-30A e Farinografia pelo método nº 54-21 (AACC, 1999). Os resultados foram submetidos à análise da variância usando o pacote estatístico ASSISTAT Versão 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

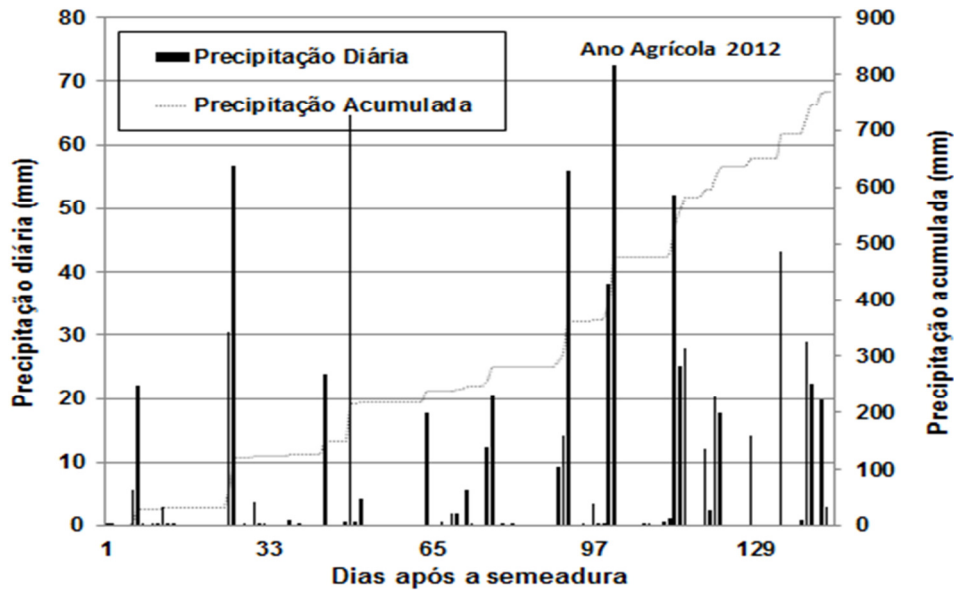


Figura 3. Precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental no ano agrícola 2012. Cruz Alta, RS, 2014.

3.2 Efeito da Utilização de Fontes de Fertilizantes na Produtividade de Trigo

O trabalho foi conduzido na área experimental do Convênio FUNDACEP/CCGL e UNICRUZ (Universidade de Cruz Alta), situada na Rodovia Jacob Della Méa, S/N, Parada Benito, município de Cruz Alta, RS. O clima dominante é do tipo Cfa 1 da Classificação de Koeppen (MORENO, 1961).

A área vem sendo manejada no sistema plantio direto há 20 anos. O solo do local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico com textura argilosa (EMBRAPA, 1999), pertencente à Unidade de Mapeamento Passo Fundo (BRASIL, 1973). As características químicas, na camada de 0-20cm de profundidade, para a caracterização da condição inicial da área experimental são: Argila 50%, pH H₂O 5,3, Índice SMP 5,8, Matéria Orgânica 2,7%, Fósforo (Mehlich-I) 7,8 mg dm⁻³, Potássio (Mehlich-I) 107 mg dm⁻³, Alumínio 0,4 cmol_cdm⁻³, Cálcio 4,1 cmol_cdm⁻³, Magnésio 1,7 cmol_cdm⁻³, Enxofre 6,2 mg dm⁻³, Zinco 4,2 mg dm⁻³, Cobre 5,0 mg dm⁻³, Manganês 17 mg dm⁻³ e Boro 0,4 mg dm⁻³.

Foram realizados dois estudos, respectivamente, no inverno de 2012 e inverno de 2013. Em ambos os casos, foi utilizado o delineamento experimental por blocos ao acaso, com 6 repetições. A precipitação pluviométrica, diária e acumulada, ocorrida no período experimental é apresentada na Figura 3 e 4, respectivamente.

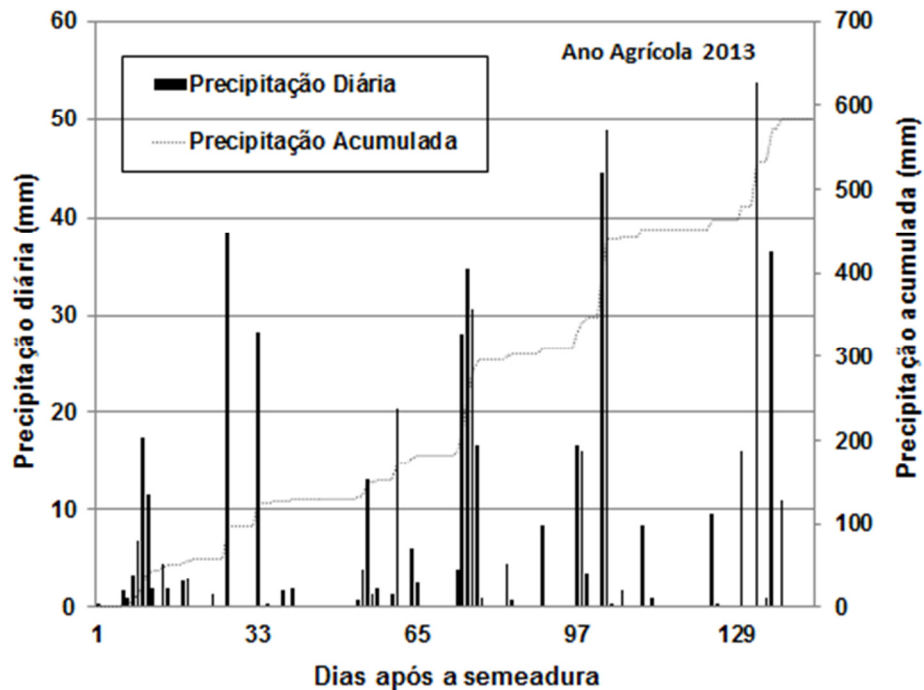


Figura 4. Precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental no ano agrícola 2013. Cruz Alta, RS. 2014.

Os tratamentos referentes ao Estudo 01 (inverno 2012) foram constituídos de diferentes fontes de fertilizantes na semeadura e em cobertura, apresentado a seguir:

- T1 – Testemunha - Base: NPK Normal (08-20-20) + N cobertura (100%) – Ureia Comum
- T2 (HERINGER) – Base: Micro TOTAL + N cobertura (100%) – Ureia Comum
- T3 (HERINGER) – Base: NPK Normal (08-20-20) + N cobertura (100%) – NITRO MAIS
- T4 (HERINGER) – Base: Micro TOTAL + N cobertura (100%) – NITRO MAIS
- T5 – Testemunha - Base: NPK Normal (08-20-20) + N cobertura (50%) – Ureia Comum
- T6 (HERINGER) – Base: Micro TOTAL + N cobertura (50%) – Ureia Comum
- T7 (HERINGER) – Base: NPK Normal (08-20-20) + N cobertura (50%) – NITRO MAIS
- T8 (HERINGER) – Base: Micro TOTAL + N cobertura (50%) – NITRO MAIS

A ureia comum apresenta 45% de nitrogênio. O Micro TOTAL e NITRO MAIS são fertilizantes desenvolvidos pela Empresa HERINGER. O MICRO TOTAL constitui-se do

Fertilizante NPK 08-20-20 + Micronutrientes na concentração de 0,05% de boro, 0,15 de manganês e 0,2% de zinco. O NITRO MAIS constitui-se do fertilizante obtido a partir de ureia com concentração de 44,6% de N e micronutrientes 0,4% de boro e 0,15% de cobre, como princípios de inibição da uréase.

Na semeadura, foram utilizados os fertilizantes NPK Normal (08-20-20) e o Micro TOTAL, ambos na dose de 250 kg ha⁻¹. Em cobertura, foram utilizados ureia comum e NITRO MAIS. A adubação nitrogenada na semeadura foi equivalente a 20 kg ha⁻¹ de N. Em cobertura foi realizada a aplicação de ureia e NITRO MAIS nas quantidades de 70 e 35 kg ha⁻¹ de N, equivalente a 100% e 50% da dose recomendada. A dose foi aplicada a lanço na superfície do solo no pleno perfilhamento da cultura do trigo.

Os tratamentos referentes ao Estudo 02 (inverno 2013) foram constituídos de diferentes fontes de fertilizantes em cobertura, apresentados a seguir:

- T1 – Ureia Comum: Dose de N em cobertura (100%)
- T2 (UNIFERTIL) – N MAXX: Dose de N em cobertura (100%)
- T3 – Ureia Comum: Dose de N em cobertura (50%)
- T4 (UNIFERTIL) – N MAXX: Dose de N em cobertura (50%)

O N MAXX constitui-se de um fertilizante desenvolvido pela UNIFERTIL, obtido a partir de ureia com concentração de 45% de N e NBPT na concentração de 600 mg kg⁻¹, como princípios de inibição da uréase.

Na semeadura foi utilizado o fertilizante NPK 10-30-20 na dose de 200 kg ha⁻¹ de maneira uniforme em todos os tratamentos. A adubação nitrogenada na semeadura foi equivalente a 20 kg ha⁻¹ de N. Em cobertura, foram utilizados a ureia comum e o fertilizante N MAXX, nas quantidades de 70 e 35 kg ha⁻¹ de N, equivalente a 100% e 50% da dose recomendada, aplicadas a lanço na superfície do solo no pleno perfilhamento da cultura do trigo.

Em ambos os estudos, a área foi utilizada com a cultura da soja no período de verão. Imediatamente antes da semeadura do trigo, a área foi dessecada, utilizando-se o herbicida Glyphosate, na dose de 720 g i.a.ha⁻¹ (2,0 l ha⁻¹ do produto comercial).

A semeadura da cultura do trigo foi realizada no sistema plantio direto, em 29 de junho de 2012 e 11 de junho de 2013, respectivamente. Utilizou-se a cultivar FUNDACEP 300 e TEC 10, respectivamente, com espaçamento de 17cm entre fileiras e densidade de sementes, visando obter 330 plantas por metro quadrado.

No tratamento de sementes com inseticida e fungicida, utilizou-se Gaúcho (Imidaclopride) e Vitavax+Thiram (Carboxin+Tiram), respectivamente, na dose de 100 mL e 250 mL 100 kg⁻¹ de sementes.

O controle de plantas daninhas foi realizado utilizando-se o herbicida Hussar (Iodosulfurom Metílico) na dose de 120g/ha⁻¹ do produto comercial. No controle de pragas, foi utilizado o inseticida Engeo Pleno (Tiametoxam+Lambdacialotrina) e Match CE (Lufenurom), na dose de 200 e 300 mL/ha⁻¹ de produto comercial, respectivamente, em 1 e 4 aplicações.

O controle de doenças na parte aérea foi realizado utilizando-se quatro aplicações da associação dos fungicidas Priori Xtra (Azoxystrobin+Ciproconazole) e Tilt (Propiconazol) nas doses de 300+400 mL ha⁻¹ de produto comercial associado à Nimbus (0,5%).

Os demais tratos culturais da cultura de trigo foram realizados segundo as Informações Técnicas para a Safra 2012 Trigo e Triticale (REUNIÃO..., 2011), respeitando as condições descritas nos tratamentos.

Foi avaliada a produtividade de grãos de trigo na maturação da colheita, colhendo-se uma área útil de 8 linhas de 3 metros de comprimento em cada parcela (4,08 m²), expressando os resultados em kg ha⁻¹ a 13% de umidade. Amostras de sementes das parcelas colhidas foram submetidas à análise de peso do hectolitro seguindo metodologia específica (MINISTÉRIO..., 1992). Os resultados foram submetidos à análise da variância usando o pacote estatístico ASSISTAT Versão 7.6 (SILVA & AZEVEDO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do Parcelamento da Adubação Nitrogenada de Cobertura e Suprimento Adicional de Enxofre na Produtividade e Qualidade Industrial do Trigo

Não houve interação significativa entre o fracionamento das doses de adubação nitrogenada no perfilhamento e alongação, da adubação nitrogenada na floração e do suprimento adicional de enxofre nas três cultivares de trigo utilizadas (Tabela 02).

Isso mostra que o comportamento da adubação nitrogenada na floração e suprimento adicional de enxofre foram semelhantes nas duas formas de fracionamento das doses de adubação nitrogenada em cobertura. Acrescenta-se, ainda, que não houve resposta significativa dos fatores estudados na produtividade de grãos e nos parâmetros de qualidade em nenhuma das cultivares de trigo.

A eficiência e a resposta dos genótipos de trigo ao N aplicado, em relação a rendimento e qualidade de grãos, depende da disponibilidade de água, da dose de N aplicada, do genótipo, da cultura anterior, do tipo de solo, da região, entre outros fatores. Vários trabalhos possibilitaram verificar que o fornecimento de doses crescentes de N proporciona o aumento no rendimento de grãos (MILLNER *et al*, 1994; FRIZZONE *et al*, 1996; SOARES SOBRINHO, 1999).

Por sua vez, Pöttker *et al* (1984), avaliando quatro épocas e parcelamentos, verificou que não houve influência de doses e de épocas de aplicação de N sobre o rendimento de grãos de trigo, na massa hectolétrica e na massa de 1000 grãos.

Entretanto, existe a hipótese que as doses de nitrogênio utilizadas provavelmente tenham sido suficientes para atingir a produtividade dos grãos, independente do fracionamento no perfilhamento, alongação e da aplicação adicional de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na floração; não houve efeito significativo na produtividade de grãos e na qualidade do trigo.

De forma semelhante, o suprimento adicional de enxofre não mostrou efeito significativo na produtividade e qualidade do trigo produzido. Considerando o teor crítico de enxofre no solo adotado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, equivalente a 10 mg dm⁻³ (COMISSÃO..., 2004), observa-se que ele encontra-se acima deste valor, o que demonstra baixa probabilidade de respostas à aplicação de enxofre. No entanto, os teores de enxofre no solo provavelmente foram suficientes para manter a nutrição de cultura de trigo.

Tabela 02– Efeito do parcelamento de nitrogênio em cobertura e suprimento adicional de enxofre na produtividade de grãos, peso do hectolitro, proteína e força de glúten do trigo (Cruz Alta, RS – 2014):

| Nº | T r a t a m e n t o s | | | | Produtividade de Grãos kg ha ⁻¹ | Peso do Hectolitro g hL ⁻¹ | Proteína Bruta % | Força de Glúten 10 ⁻⁴ J |
|---|-----------------------|----------------|---------|-----------|--|---|------------------------|--|
| | Nitrogênio | | Enxofre | | | | | |
| | 1 ^a | 2 ^a | Flor | Adicional | | | | |
| C u l t i v a r d e T r i g o - F R O N T A L E | | | | | | | | |
| 1 | 2/3 | 1/3 | Sem | Sem | 2947,8 ns | 68,6 ns | 16,4 ns | 96 ns |
| 2 | 2/3 | 1/3 | Sem | Com | 2781,1 | 70,3 | 16,9 | 103 |
| 3 | 2/3 | 1/3 | Com | Sem | 2932,1 | 69,2 | 16,8 | 91 |
| 4 | 2/3 | 1/3 | Com | Com | 2787,2 | 66,9 | 17,4 | 105 |
| 5 | 1/3 | 2/3 | Sem | Sem | 2925,6 | 68,1 | 16,9 | 105 |
| 6 | 1/3 | 2/3 | Sem | Com | 2845,5 | 68,0 | 16,8 | 88 |
| 7 | 1/3 | 2/3 | Com | Sem | 2764,5 | 68,4 | 17,5 | 100 |
| 8 | 1/3 | 2/3 | Com | Com | 2838,6 | 70,3 | 17,7 | 104 |
| ---- C u l t i v a r d e T r i g o - T E C 1 0 ---- | | | | | | | | |
| 1 | 2/3 | 1/3 | Sem | Sem | 2401,6 ns | 69,7 ns | 16,6 ns | 201 ns |
| 2 | 2/3 | 1/3 | Sem | Com | 2525,7 | 68,7 | 16,5 | 204 |
| 3 | 2/3 | 1/3 | Com | Sem | 2488,9 | 69,5 | 17,1 | 210 |
| 4 | 2/3 | 1/3 | Com | Com | 2466,9 | 69,1 | 16,7 | 193 |
| 5 | 1/3 | 2/3 | Sem | Sem | 2477,0 | 69,8 | 16,4 | 219 |
| 6 | 1/3 | 2/3 | Sem | Com | 2569,6 | 69,3 | 16,4 | 198 |
| 7 | 1/3 | 2/3 | Com | Sem | 2470,3 | 68,9 | 17,1 | 196 |
| 8 | 1/3 | 2/3 | Com | Com | 2313,4 | 67,4 | 16,7 | 217 |
| C u l t i v a r d e T r i g o - T E C 0 7 - 2 4 4 | | | | | | | | |
| 1 | 2/3 | 1/3 | Sem | Sem | 2594,9 ns | 69,6 ns | 14,8 ns | 130 ns |
| 2 | 2/3 | 1/3 | Sem | Com | 2517,0 | 67,7 | 14,8 | 104 |
| 3 | 2/3 | 1/3 | Com | Sem | 2856,3 | 68,2 | 15,3 | 84 |
| 4 | 2/3 | 1/3 | Com | Com | 2494,6 | 67,9 | 15,2 | 118 |
| 5 | 1/3 | 2/3 | Sem | Sem | 2858,0 | 69,3 | 14,6 | 104 |
| 6 | 1/3 | 2/3 | Sem | Com | 2590,8 | 69,2 | 14,6 | 127 |
| 7 | 1/3 | 2/3 | Com | Sem | 2631,2 | 68,9 | 14,9 | 164 |
| 8 | 1/3 | 2/3 | Com | Com | 2691,8 | 67,9 | 14,8 | 143 |

ns – não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Observa-se uma tendência de superioridade nos valores de proteína quando da aplicação adicional de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na floração. No entanto, esse comportamento não se manifesta na força de glúten. É oportuno relatar que na condição experimental ocorreu precipitação pluviométrica com certa frequência entre o período de maturação e de colheita, o que pode, provavelmente, ter contribuído para a perda de qualidade do trigo. Isso pode ser

identificado pelos baixos valores de peso do hectolitro e força de glúten, que situam-se em níveis bem abaixo dos característicos para as cultivares avaliadas.

Embora existam diferenciações entre cultivares quanto à qualidade industrial, a cultivar TEC 10, considerada do Tipo Pão, deveria apresentar força de glúten superior a $220 \cdot 10^{-4}$ J. Porém, na condição experimental, em nenhuma das situações estudadas atingiu este valor. Dessa forma, sugere-se que o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura e do suprimento adicional de enxofre em cultivares de trigo, sejam também investigados em outras condições experimentais, evidenciando as potencialidades de manejos diferenciados na produção de grãos com alta qualidade industrial.

4.2 Efeito da Utilização de Fontes de Fertilizantes na Produtividade de Trigo

Os resultados de produtividade de grãos e peso do hectolitro em resposta à utilização de fontes de fertilizantes na cultura do trigo (Estudo 01) são apresentados na Tabela 03.

Não houve resposta significativa pela utilização de diferentes fontes fertilizantes na semeadura e em cobertura na cultura do trigo. O comportamento de respostas das culturas a fertilizantes contendo micronutrientes está associado às condições de fertilidade e de manejo da área. Segundo Pöttker *et al* (2004), vários são os fatores que influenciam a disponibilidade de micronutrientes nos solos, como o pH, a textura, o nível de matéria orgânica e o teor de fósforo, entre outros. Por essa razão, é importante estudar a resposta a micronutrientes nas mais diversas condições possíveis, principalmente em virtude da oferta no mercado de novos fertilizantes.

Entretanto, Galvão (2002) menciona que a recomendação de micronutrientes com base na análise química do solo está ainda muito limitada devido aos poucos estudos de calibração para esses nutrientes. Desta forma, a resposta do Fertilizante MICRO TOTAL (que contém boro, manganês e zinco) e do NITRO MAIS (com boro e cobre), não mostraram efeitos positivos na produtividade de grãos de trigo, provavelmente em função dos teores destes micronutrientes no solo.

Segundo os critérios de interpretação definidos pela Comissão... (2004), os teores destes micronutrientes se encontram em faixas consideradas adequadas. Isto está de acordo com a Indicação Técnica para a cultura (Reunião..., 2013), em que os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são, em geral, bem supridos em micronutrientes, percebendo-se como

incomum a constatação de deficiência e/ou repostas ao uso de micronutrientes na cultura de trigo.

Tabela 03 – Efeito da utilização de fontes de fertilizantes na produtividade de grãos e peso do hectolitro da cultura do trigo (Cruz Alta, RS – Safra 2012: Estudo 01):

| Tratamentos | Produtividade de Grãos kg ha⁻¹ | Peso do Hectolitro g hL⁻¹ |
|---------------------------------------|--|---|
| T1. NPK 08-20-20 + Uréia Comum (100%) | 2285,5 | 74,4 |
| T2. Micro TOTAL + Uréia Comum (100%) | 2288,1 | 74,9 |
| T3. NPK 08-20-20 + NITRO MAIS (100%) | 2418,4 | 75,0 |
| T4. Micro TOTAL + NITRO MAIS (100%) | 2233,9 | 75,6 |
| T5. NPK 08-20-20 + Uréia Comum (50%) | 2210,7 | 75,8 |
| T6. Micro TOTAL + Uréia Comum (50%) | 2077,9 | 75,7 |
| T7. NPK 08-20-20 + NITRO MAIS (50%) | 2167,1 | 75,8 |
| T8. Micro TOTAL + NITRO MAIS (50%) | 2312,6 | 75,8 |
| F Tratamento | 1,82 ns | 2,49 ns |
| Coeficiente de Variação (%) | 8,26 | 0,83 |

ns – não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Os resultados de produtividade de grãos e peso do hectolitro em resposta à utilização de fertilizantes nitrogenados em cobertura na cultura do trigo (Estudo 02) são apresentados na Tabela 04.

Não houve resposta significativa pela utilização de diferentes fertilizantes nitrogenados em cobertura na cultura do trigo. O comportamento de resposta ureia, fertilizante nitrogenado mais comumente utilizado, mostrou-se equivalente à utilização de NMAX. Isto está provavelmente associado às condições ambientais, que, no período de inverno, as menores temperaturas associadas aos maiores teores de umidade do solo, proporcionam menores perdas por volatilização e, conseqüentemente, maior aproveitamento do nitrogênio aplicado via ureia. Prando et al. (2013) avaliando fontes de fertilizantes nitrogenados com inibidores de urease a base de NBPT também não observaram diferença estatística entre os tratamentos, mesmo que após a aplicação em superfície dos fertilizantes nitrogenados houve um período de 9 dias sem precipitação aumentando a hidrólise da uréia nesse período. Segundo o autor esta perda de N por volatilização não foi suficiente para resultar em diferenças no desempenho da cultura do trigo.

A temperatura tem grande influência sobre a velocidade de hidrólise da ureia aumentando o tempo de oportunidade para que seja absorvida pelas plantas. Longo & Melo (2005) observaram que a velocidade de hidrólise da ureia aumentou significativamente dos 5 aos 50°C. Resultados obtidos por Ernst *et al* (1960), demonstram que a 8° e a 16°C, as perdas

de NH_3 foram reduzidas em 71 e 56%, respectivamente, da observada a 32°C . A atividade da uréase também é dependente da umidade do solo (VOLK, 1966; BREMNER; MULVANEY, 1978). Lara Cabezas *et al* (1992) mostraram que o secamento do solo foi determinante nas perdas por volatilização de amônia. Espíndola (2010) estudando a eficiência da uréia com NBPT sobre seis períodos sem irrigação não observou diferença estatística entre os tratamentos. Quanto a pouca eficiência do NBPT ele se refere que as temperaturas máximas, médias e mínimas no período em que foi conduzido o estudo estavam abaixo das condições em que elas favorecem a volatilização do N.

Tabela 04 – Efeito da utilização de fertilizantes nitrogenados em cobertura na produtividade de grãos e peso do hectolitro da cultura do trigo (Cruz Alta, RS – Safra 2013: Estudo 02):

| Tratamentos | Produtividade de Grãos kg ha^{-1} | Peso do Hectolitro g hL^{-1} |
|-----------------------------|---|--|
| T1. Uréia Comum: Dose 100% | 3539,3 | 78,1 |
| T2. N MAXX: Dose 100% | 3550,8 | 78,7 |
| T3. Uréia Comum: Dose 50% | 3398,7 | 78,7 |
| T4. N MAXX: Dose 50% | 3398,4 | 78,3 |
| F Tratamento | 0,95 ns | 1,37 ns |
| Coeficiente de Variação (%) | 6,15 | 0,79 |

ns – não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Convém ressaltar que a resposta a doses de nitrogênio em cobertura, equivalente a 100% e 50% da recomendada, avaliada através das diferentes fontes fertilizantes, em ambos os estudos, mostram-se estatisticamente semelhantes. Isto está provavelmente associado à condição da área experimental. O manejo da área sob plantio direto, segundo Sá *et al* (2001), aumenta os estoques de matéria orgânica do solo. No Sul do Brasil, mais especificamente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o teor de matéria orgânica do solo tem sido utilizado como principal parâmetro indicativo da disponibilidade de N do solo durante a estação de cultivo (RAMBO *et al*, 2008), sendo a principal referência nas recomendações de adubação nitrogenada, seguido de informações sobre a expectativa de produtividade e da cultura anterior (CQFS-RS/SC, 2004).

Neste sentido, quando ocorre um aumento do teor de matéria orgânica no solo no SPD pode-se esperar um aumento da disponibilidade de N a médio/longo prazo. Assim, com o aumento dos teores de MO que vem ocorrendo nos solos do Rio Grande do Sul nos últimos anos, há de se esperar maior disponibilidade de N e menores respostas de N nos próximos anos.

5 CONCLUSÃO

- Não houve o efeito significativo do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura na qualidade industrial de cultivares de trigo;
- Não houve efeito significativo do suprimento adicional de enxofre na produtividade e qualidade industrial do trigo;
- Não houve efeito significativo da utilização de fertilizantes nitrogenados com inibidores de uréase na produtividade do trigo;
- Não houve efeito significativo da utilização de fertilizantes com micronutrientes na produtividade do trigo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do trigo no contexto da propriedade rural é de grande importância, pois movimentada toda uma cadeia de produção, assim como é também uma relevante fonte de renda para os produtores rurais. O presente trabalho buscou trazer novas alternativas de manejo da cultura, visando produtividade e qualidade industrial, motivado pela nova classificação comercial do trigo que entrou em vigor dia 1º de julho de 2012, que é muito mais exigente.

Quanto ao parcelamento da adubação nitrogenada, nas condições em que o estudo foi conduzido, não houve efeito significativo; em relação à produtividade pode estar relacionado com as doses aplicadas no parcelamento, levando ao entendimento que elas foram suficientes para alcançar os rendimentos do presente estudo.

Com relação à qualidade industrial, houve uma tendência de aumento do teor de proteína com a aplicação adicional de 30 kg ha⁻¹ sendo que essa avaliação foi prejudicada pelo excesso de precipitação durante a maturação fisiológica dos grãos. Levando em consideração essa tendência positiva de aumento do teor proteico dos grãos, sugere-se novos trabalhos em outras condições de clima, solo e cultivares de trigo.

O suprimento adicional de enxofre não mostrou resposta, pelo motivo do teor estar em um nível satisfatório, sugerindo também novos estudos em solos que tenham deficiência desse nutriente.

A ureia recoberta com inibidores de uréase teve comportamento igual àquela sem esse aditivo. Isso muito se deve às condições climáticas que o inverno proporciona, como menor temperatura e maior conservação da umidade do solo, diminuindo assim o transporte de NH₃ para atmosfera. Dessa maneira, essa tecnologia deve ser estudada em outras condições ambientais e em solos mais arenosos e com menor teor de matéria orgânica.

A adubação com micronutrientes não obteve efeito significativo, pois provavelmente os teores estão em níveis adequados no solo estudado na presente pesquisa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYRAKLI, F. Ammonia volatilization losses from different fertilizers and effect as several urease inhibitors, CaCl₂ and phosphogypsum on losses from urea. **Fertilizer Research**, v. 23, p. 147-150, 1990.

BLACK, A.S.; SHERLOCK, R.R.; SMITH, N.P. Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea, applied to soil of varying moisture content. **J. Soil Science**, v.38, p.679-687, 1987.

BORGHI, B.; CORBELLINI, M.; MINOIA, C.; BOGGIN, G.; FONZO, N., PERENZIN, M.; DI-FONZO, N.; BORIN, M.; SATTIN, M. Effects of mediterranean climate on wheat bread making quality. Proceedings on the third congress European Society for Agronomy, **AbonoPadova**, Italy, p.584-585, 1994.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.91-98, 1990.

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul**. Recife. 431p. (Boletim Técnico, 30)

BREMNER, J.M.; MULVANEY, R.L. Urease activity in soils. *In*: BURNS, R.G. (ed.). **SoiEnzymes**. Academic Press, Londres, 1978. p.149-196.

BREMNER, J.M.; AHMAD, N. Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. **Nitrogen Economy in Tropical Soils**, 42:321-329, 1995.

BREMNER, J.M.; DOUGLAS, L.A. Decomposition of urea phosphate in soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 35, p. 575-578, 1971.

CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; PETTINELLI JUNIOR, A.; ROCCHA JUNIOR, L.S. **Adubação nitrogenada em cultura do trigo irrigada por aspersão no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1988. 62p. (Boletim científico, 15).

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da uréia. *In*: **Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola**, 2007, Piracicaba. 19p. (CD-ROM).

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.397-401, 2008.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.397-401, 2008.

CANTARELLA, H. Efficient use of N in new fertilizer products. *In: NITROGEN CONFERENCE*, 4., Costa do Sauípe, 2004. **Anais...** Costa do Sauípe, 2007. p.44.

CANTARELLA, H.; BOLONHEZI, D.; GALLO, P.B.; MARTINS, A.L.M.; MARCELINO, R. Ammonia volatilization and yield of maize with urea treated with urease inhibitor. *In: 16th Nitrogen Workshop*, Turin (Italy), June, 28th - July, 1st . 2009. p.129-130, 2009.

CARMONA, G.; CHRISTIANSON, C.B.; BYRNES, B.H. Temperature and low concentration effects of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphorictriamide (nBTPT) on ammonia volatilization from urea. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 22, p.1519-1526, 1990.

CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O.; GERMANI, R. **Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticale submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto**. *Bragantia*, v.67, p.741-750, 2008.

CHAGAS, A. P. **The ammoniasynthesis: some historical aspects**. *Química Nova*, São Paulo, v.30, n.1, p.240-247, 2007.

CHRISTIANSON, C.B.; BAETHGEN, W.E.; CARMONA, G.; HOWARD, R.G. Microsite reactions of urea-nbtpt fertilizer on the soil surface. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, p. 1107-1117, 1993.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Slow-release urea applied to surface and regular urea incorporated to soil on maize yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v.41, n.1, p.52-59, 2011.

COELHO, M.A.O.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M.A.; RIBEIRO, A.C.; SEDIYAMA, C.S. Composição mineral e exportação de nutrientes pelos grãos do trigo irrigado e submetido a doses crescentes e parceladas de adubo nitrogenado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 275, p.81-84, 2001.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, segundo levantamento novembro 2014/Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: Conab, 2014. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em 3/12/2014.

CONTIN, T. L. M. Urea treated with urease inhibitor NBPT on sugarcane harvested without burning. 2007. 55 f. **Dissertação** (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, Campinas, 2007.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. N-NH₃ losses from nitrogen sources applied over unburned sugarcane straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.4, p.631-637, 2003.

DA ROS, C.O.; AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia com aplicação de ureia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ci. Rural**, 35:799-805, 2005

DIAS, R. F. Diagnóstico da fertilidade do solo em áreas em implantação de agricultura de precisão do Rio Grande do Sul. **Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão. Santa Maria – RS, 2013, 64p.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. *In: BNDES Setorial*, Rio de Janeiro: BNDES, 2006. n.24, p.97-138

ELSON, D.W. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. *In: STEVENSON, F.J. (Ed.). Nitrogen in agricultural soils*. Madison, American Society of Agronomy, p.327-363, 1982.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**–Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 1999. XXVI, 412 p.

ERNST, J.W.; MASSEY, H.F. **The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil**. Soil Science Society America Proceedings, v. 24, p. 87-90, 1960.

FENN, L.B.; KISSEL, D.E. **The influence of cation exchange capacities and depth of incorporation on ammonia volatilization from ammonium compounds applied to calcareous soils**. Soil Science Society of America Journal, v. 40, p. 394-398, 1976.

FRENEY, J.R.; DENMEAD, O.T.; WOOD, A.W.; SAFFIGNA, P.G.; CHAPMAN, L.S.; HAM, G.J.; HERNEY, A.P.; STEWART, R.L. Factors controlling ammonia loss from trash covered sugarcane fields fertilized with urea. **Fertilizer Research**, 31:341-349, 1992.

FRIZONE, J. A.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. *In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226

GERMANI, R. **Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades**. EMBRAPA – Agroindústria de alimentos. Rio de Janeiro – 2007.

GRANT, C. Adubação para qualidade nutricional dos alimentos. *In: Informações agronômicas*, nº 145. Março, 2014.

GUTKOSKI, L.C. Controle de Qualidade de Grãos e Farinhas de Cereais. *In: IV simpósio desnutrição, ciência e tecnologia de alimentos*. UPF, Passo Fundo, 2009, p.29.

GUTKOSKI, L.C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; CEZARE, K.; COLLA, L.M. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. *In: Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 14, n. 4, p. 275-282, 2011a.

GUTKOSKI, L.C.; NETO, R.J. Procedimento para Teste Laboratorial de Panificação - Pão tipo Forma. **Rev. Cien. Rural**, Santa Maria, v.32, n. 5, p. 873-879, 2002.

HARGROVE, W.L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions *In*: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.) **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Natl.Fert.Dev.Center.Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, 1988. p.17-36. (Bull. Y-206).

JALOTA, S.K. & PRIHAR, S.S. Bare-soil evaporation in relation to tillage. *In*: STEWART, B.A., ed. **Advances in soil science**. New York, Springer-Verlag, 1990. v. 12. p.187-216.

KISS, S.; SIMIHAÏAN, M. Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity. **Klumer Academic Publishers**, Doordrech, 417p., 2002.

KITISSOU, P. **Um novo parâmetro da alveografia: índice de elasticidade (IE)**. *Indústrias de Cereais*, n. 92, p. 9-17, jun. 1995.

KONG, W.P.; WOOD, A.W.; PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P.G.; SMITH, J.W.B.; FRENEYU, J.R. Ammonialosofurea/potassiumchloridemixturesappliedtosugarcane trash. Proceedings of the Australian Society of Sugarcane Technologists, **Conferência 1991**, p. 59-65, 1991.

LANNA, A.C.; SILVEIRA P.M.; SILVA, M.B.; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H.J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, Dec. 2010.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.3, p.481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E. Efeito do tamanho do grânulo e relação N/S da ureia aplicada em superfície na volatilização de amônia sob diferentes umidades iniciais do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 409-413, 1992.

LINDEN, D.R. Predicting tillage effects on evaporation from the soil *In*: UNGER, P.W; van DOREN, D.M.; MWENDERA, E.J. & FEYEN, J., eds. Estimation of depression storage and manning's resistance coefficient from random roughness measurements. **Geoderma**, 52:235-250, 1982.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. Urea hydrolysis in oxisols: effects of substrate concentration, temperature, pH, incubation time and storage conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.651-657, 2005.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 631p.

MANUNZA, B., DEYANA, S., PINTORE, M., GESSA, C. The binding mechanism urea, hydroxamic acid and N-(n-butyl)-phosphoric triamidate to the urease active site. A comparative molecular dynamics study. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 31, p. 789-796, 1999.

MARIANO, E.; COSTA, H. T.; CORRALES, R. A. F. **Ureia**: novas tecnologias para fertilizantes nitrogenados. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, novembro de 2011.

MILLNER, J. P.; MCEVAN, J.M.; VALENTINE, I. Effect of late nitrogen on the yield and quality of spring sown 'Rongotea' wheat. **Journal of Crop and Horticulture Science**, Palmerston North, v.22, n. 2, p.187-194, 1994.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL, COORDENAÇÃO DE LABORATÓRIO VEGETAL. **Regras para análise de sementes**.Brasília:1992. 365p.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46p.

MITTELMANN, A.; NETO, J.F.B.; CARVALHO, F.I.F.; LEMOS, M.C.I.; CONCEIÇÃO, L.D.H. Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 975-983, 2000.

MWENDERA, E.J. & FEYEN, J. Effects of tillage and evaporative demand on the drying characteristics of a silt loam: An experimental study. **Soil Tillage Res.**, 32:61-69,1994.

NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonialoss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, v. 39, p. 309-318, 1973.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Volatilização de amônia da uréia (¹⁵N) aplicada ao solo com e sem cobertura de palhada em diferentes manejos na adubação de soqueira de cana-de-açúcar. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: STAB, 1999, p. 96-99.

OVERREIN, L.N.; MOE, P.G. Factors affecting urea hydrolysis and ammonia volatilization in soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.31, p.57-61, 1967.

PALUCCI, J. A. Biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo degradado pela exploração de cassiterita adubado com compostos de diferentes granulometrias. 2004. 113f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, 2004.

PELTONEN, J. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.32, n.4, p.1029-1033, 1992.

PETTIT, N.M.; SNITH, A.R.J.; FREEDMAN, R.B. & BURNS, R.G. Urease: activity, stability and kinetic properties. **Soil Biol. Biochem.**, 8:479-484, 1976.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**.1987 New York: VHC,. 486 p.

PÖTTKER, D.; FABRÍCIO, A. C.; NAKAYAMA, L. H. I. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.19, n.10, p.1.197-1.201, 1984.

PÖTTKER, D.; PERUZZO, G.; WIETHÖLTER, S.; PETRERE, C.; FONTOURA, S.M.V. **Efeito Residual de Micronutrientes sobre o Rendimento de Grãos de Soja**. Documentos on-line. Dezembro 2004. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do39_12.htm. Acesso em 10 de julho de 2014.

PURI, Y. P.; MILLER, M. F.; SAH, R. N. BAGHOT, K. G.; CASTEL, E. F.; MEYER, R. D. Response surface analysis of the effects of seedong rates, N - rates and irrigation. II. Protein yield and grain quality. **Phyton**, Buenos Aires, v.49, n.1-2, p.41-59, 1989.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de lapanificación**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1991. p. 34-39,51-57 e 61-64.

RADEL, R.J.; GAUTNEY, J.; PETERS, G.E. Urease inhibitor developments.p. 111 136. In: BOCK, B.R. & KISSEL, D.E. (ed.) Ammonia volatilization from urea fertilizers. Muscle Shoals, **National Fertilizer Development Center**. 1988. 189p. (Bul. Y-206).

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; SILVA, A.A.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 401-409, mar./abr., 2008.

RANKEN, M.D. **Manual de industrias de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 151-192.

RAWLUK, C.D.L.; GRANT, C.A.; RACZ, G.J. Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor NBPT. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 81, p. 239-246, 2001.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE (6.:2012: jul.-ago., 29-2, Londrina, PR). **Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2013**. Londrina, PR: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) , 2013. 220 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE (5.: 2011:Dourados, MS). **Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2012**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 204p.

REYNOLDS, C.M.; WOLF, D.C.; ARMBRUSTER, J.A. Factores related to urea hydrolysis in soils. **Soil Science Society America Journal**. v. 49, p. 104-108, 1987.

RIQUETTI, C.; SILVA, P.R.F.; MENEGATI, G.B.; CORREIA, S.L.; SERPA, M.S.; MENEZES, G.B.; CAMARGO, D.; LOPES, F. Eficiência do Uso da Ureia com Inibidor da Enzima Uréase em Milho. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29**. Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

RODRIGUES, O.; HASS, J. C.; COSTENARO, E. R. Manejo de trigo para alta produtividade II : caracterização ontogenética. **Revista Plantio Direto**, **125**, setembro/outubro de 2011.

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.37-43, 1986.

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J. C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, n.3, p.403-408, 1992.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M.C.; COSTENARO, E.R. Manejo de trigo para alta produtividade. **Revista Plantio Direto**, edição 123, maio/junho de 2011.

ROJAS, C.A.L.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WEBER M.A.; VIEIRO, F. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura inverniais no Centro-Sul do Paraná. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, fev. 2012.

ROSA, O. **Introdução ao manejo para qualidade industrial em trigo**. Biotrigo, 2010. (Biotrigo. Informativo Técnico 1/2010). Disponível em www.quartzotemqualidadepao.com.br/.../InformativoTecnicoBiotrig.... Acesso em 23/05/2012.

ROSA, O.S.; ROSA FILHO, O. Trigo brasileiro: acredite nessa ideia. **Correio Agrícola - Bayer**, São Paulo, n.1, p.8-12, 1998.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Organicmatter dynamics sand carbono sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society American Journal*, v.65, n.1, p.1486-1499, 2001.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A. & RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ci. Rural**, 33:687-692,2003.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G. Nitrogen losses by ammonia volatilization and lowland rice response to NBPT urease inhibitor-treated urea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1283-1289, 2010.

SILVA, F.A.S.E. & AZEVEDO, C.A.V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. *In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE*, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SHAW, W.H.R. The inhibition of urease by various metal Ions. **Journal of America Chemical Society**. 76, 2160 – 2163, 1954.

SOARES SOBRINHO, J. Efeito de doses de nitrogênio e de lâminas de água sobre as características agrônômicas e industriais em duas cultivares de trigo (*Triticumaestivum* L.). 102p. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

SOMMER, S.G.; SHJOERRING, J.K.; DENMEAD, O.T. Ammonia emission from mineral fertilizers and fertilized crops. **Advances in Agronomy**, v. 82, p.557-622, 2004.

STAFANATO, J.B.; GOULART, R.S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C.G.; SOUZA, H.N. Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, jun. 2013.

STEVENS, R.J.; LAUGHLIN, R.J.; KILPATRICK, D.J. Soil properties related to the dynamics of ammonia volatilization from urea applied to the surface of acidic soils. **Fertilizer Research**, v. 20, p. 1-9, 1989.

TABATABAI, M.A. Effects of trace elements on urease activity in soils. **Soil Biology & Biochemistry**, 9:9-13, 1977.

TASCA, F. A., ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A., GATIBONI, L.C. e CASSOL, P.C.. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 35:493-502, 2011.

TERMAN, G.L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. **Advances in Agronomy**, v. 31, p. 189-223, 1979.

THOMAS, M.D; HENDRICKS, R.H; HILL, G.R. Sulfur metabolism in alfafa. *Soil Science*, Baltimore, v. 70, p. 19-26, 1950.

TORRES, G. A. M.; SIMIONI, A.; GAMBIM, E.; TOMAZIN, T. **Proteínas de reserva do trigo: gluteninas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 11 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 117). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do117.htm>. Acesso em 25/05/2012.

UNGER, P.W; van DOREN, D.M.; MWENDERA, E.J. & FEYEN, J., eds. Estimation of depression storage and manning's resistance coefficient from random roughness measurements. **Geoderma**, 52:235-250,1982

UNIVERSAL DE FERTILIZANTES. Disponível em <http://www.unifertil.com.br/>. Acesso em 14/11/2014

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>. Acesso em 3/12/2014

VÁZQUEZ, D. **Aptitud industrial de trigo**. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA. Série Técnica, v. 177, p. 8–32, 2009.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P.; OLIVEIRA, M.W. Volatilização de amônia da adubação nitrogenada aplicada sobre solo coberto com palhada de cana-de-açúcar: efeito na produtividade da cana-soca. Congresso Nacional dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8. Recife: **Anais...**: Recife: STAB, 2002, p. 239-244.

VIEIRA, R.D.; FORNASIERI FILHO, D.; MINOHARA, L.; BERGAMASCHI, M.C.M. Efeito de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**. São Paulo, v. 23, n.2, p.257-264,1995

VIERO, F.; CORREIA, S.L.; MENEGATI, G.B.; SILVA, P.R.F.; BAYER, C.; CARNIEL, E. Redução de perdas de nitrogênio por volatilização pelo uso de inibidor de uréase e manejo da irrigação em milho: divulgando a pesquisa. *In: Informações agrônômicas*, nº 139. Setembro, 2012.

VOLK, G.M. Efficiency of urea as affected by method of application, soil moisture and lime. **Agron. J.**, 58:249-252, 1966.

WATSON, C.J.; AKHONZADA, N. A.; HAMILTON, J.T.G.; MATTHEWS, D.I. Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphorictriamide on ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 246-253, 2008.

WATSON, C.J.; MILLER, H.; POLAND, P.; KILPATRICK, D.J. .; ALLEN, M.B.D.; GARRET, M.K.; CHRISTIANSON, C.B. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphorictriamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 26, p. 1165-1171, 1994.

WATSON, C.J. **Urease activity and inhibition –principles and practice**. The International Fertilizer Society Meeting, 28/11/2000. London, The International Fertilizer Society Proceedings, n. 454, 39p. 2000.

ZANTUA, M. I.; BREMNER, J. M. Stability of urease in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.9, n.2, p. 135-140, 1977.

ZHAO, F.J; HAWKESFORD, M.J; MACGRATH, S.P. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. **Journal of Cereal Science**, v.30, n.1, p.1 - 17. 1999a.

ZHAO, F.J; SALMON, S.E; WITHERS, P.J.A; MONAGHAN, J.M; EVANS, E.J; SHEWRY, P.R; MACGRATH, S.P. Variation in the bread making quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. **Journal of Cereal Science**, v.30, n.1, p.19 - 31. 1999b.