

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GIOVANA ORSO

APLICAÇÃO FOLIAR DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA  
CULTURA DO MILHO

PALOTINA

2015

GIOVANA ORSO

APLICAÇÃO FOLIAR DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA  
CULTURA DO MILHO

Trabalho apresentado como requisito à obtenção do grau de bacharel no curso de graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Leandro Paiola Albrecht.

PALOTINA

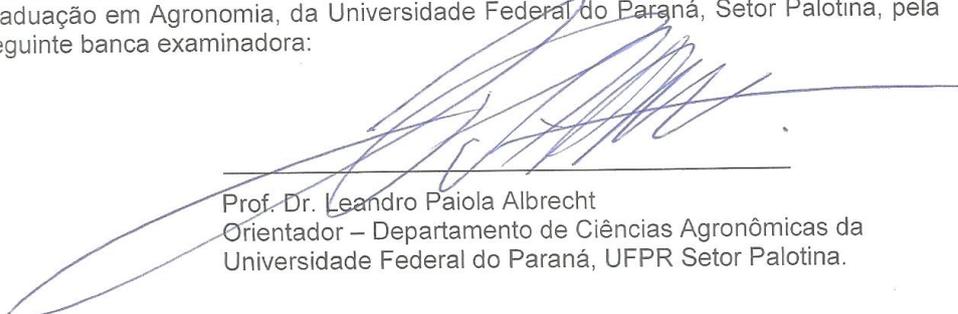
2015

## TERMO DE APROVAÇÃO

GIOVANA ORSO

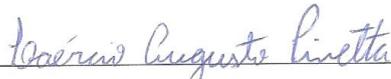
APLICAÇÃO FOLIAR DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA CULTURA DO MILHO.

Trabalho apresentado como requisito à obtenção do grau de bacharel no curso de graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, pela seguinte banca examinadora:



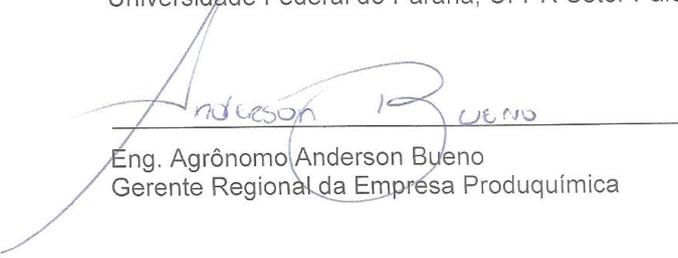
---

Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht  
Orientador – Departamento de Ciências Agronômicas da  
Universidade Federal do Paraná, UFPR Setor Palotina.



---

Prof. Dr. Laércio Augusto Piveta  
Professor - Departamento de Ciências Agronômicas da  
Universidade Federal do Paraná, UFPR Setor Palotina.



---

Eng. Agrônomo Anderson Bueno  
Gerente Regional da Empresa Produquímica

Palotina, 8 de julho de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me permitiu e me deu as oportunidades certas, nunca me deixou desistir e me fez capaz de realizar, me deu uma família incrível que foi o alicerce de todas as minhas realizações.

Aos meus pais, Mauro B. Orso e Claudia T. Negrello Orso, que me deram a oportunidade de estudar e sempre incentivaram minha formação, além disso, por todo o amor e afeto desde sempre, e que incondicionalmente fizeram parte da minha formação pessoal.

As minhas irmãs, Bruna e Isabela que sempre acreditaram no meu potencial, demonstrando apoio, e muito amor.

Ao Henrique Lovatel Villetti, que sempre esteve incansavelmente me auxiliando e também é responsável por essa realização, por toda sua dedicação, paciência e companheirismo.

A Cecília Villetti, por proporcionar descontração e alegrias nos momentos de cansaço, extravasando sua energia infantil.

Ao meu orientador, Prof<sup>o</sup>. Dr. Leandro Paiola Albrecht, pelo acompanhamento, orientação, incentivo e amizade.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Milton Ferreira de Moraes, que me direcionou na área de nutrição e fertilidade, foi meu primeiro orientador, me deu suporte para que as pesquisas e apoiou minha formação.

Aos meus professores, que se dedicaram para me oportunizar a melhor formação possível sempre, e estarem disponíveis para auxiliar.

Ao Grupo de Pesquisa em Sistemas Sustentáveis de Produção Agrícola (SUPRA), que auxiliou grandemente a realização dos experimentos, e foi incentivador.

Ao curso de Agronomia da UFPR, Setor Palotina, que me deu condições para a formação e realização de pesquisas.

Ao CNPQ que disponibilizou recursos financeiros, sendo assim, incentivador, das pesquisas.

E aos amigos e parceiros que não citei exclusivamente, mas foram grandes apoiadores em algum momento, direta ou indiretamente, para a concretização deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

*Charles Chaplin*

## RESUMO

O milho é uma das culturas mais cultivadas no mundo, sua produtividade está muito aquém de seu potencial máximo, e é geralmente afetado por problemas de estresse ambiental, dentre os quais, destaca-se a baixa fertilidade do solo, que, na maioria das vezes, inclui a deficiência de nitrogênio. Objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico do milho sob a utilização de fertilizantes nitrogenados, aplicados via foliar. O estudo foi desenvolvido em duas áreas experimentais, a área A no distrito de Pérola Independente e a área B em Palotina, ambos no PR, e de Latossolo Vermelho eutrófico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema fatorial de 2 x 5 (fontes x doses de N), em 4 repetições, totalizando 40 parcelas por área. As fontes de nitrogênio utilizadas foram ureia comum (45%N) e formulado (20% N + 20% K<sub>2</sub>O + 1% ZnSO<sub>4</sub> + 1% NiSO<sub>4</sub>), nas doses de 0; 2,25; 4,50; 6,75 e 9 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicados no estágio de desenvolvimento da cultura, V4-V5, no volume de calda de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>. No decorrer do desenvolvimento da cultura, foram avaliados os parâmetros stand, diâmetro basal do colmo, altura final de planta, altura de inserção da espiga, clorofila (A, B e total), e após a colheita, massa de mil grãos e produtividade. Os dados foram submetidos a análise de regressão ( $p \leq 0,05$  e a 0,10), enquanto o teste F foi conclusivo para comparação das médias entre as fontes ( $p \leq 0,05$ ), por meio do software SISVAR. Para a área A, não obteve-se diferença significativa para as variáveis inserção da primeira espiga, altura final de plantas e clorofila (A, B e Total). E houve diferença estatística na variável diâmetro basal do colmo. Para massa de mil grãos foi possível ajustar um modelo de regressão quadrática para o formulado e um modelo linear para a ureia. Para variável produtividade, ajustou-se um modelo de regressão quadrática na fonte ureia a 10% de probabilidade, com o ponto de máximo na dose de 5,05 kg ha<sup>-1</sup> de N, e produtividade de 9396,1 kg ha<sup>-1</sup>. Para a área B, não foi constatada diferença significativa nas variáveis diâmetro basal do colmo, clorofilas (A, B e Total) e massa de mil grãos. Para altura final da planta e para inserção da primeira espiga, houve diferença estatística a 5% de probabilidade entre as fontes E para a variável produtividade, foi possível ajustar um modelo de regressão quadrática para fonte ureia, com o ponto de máximo na dose de 4,80 kg ha<sup>-1</sup> de N, na produtividade de 9966,39 kg ha<sup>-1</sup>. A aplicação de compostos nitrogenados via foliar na cultura do milho provoca alterações nos caracteres morfológicos e nos componentes de rendimento da cultura, e que a fonte que apresentou maiores respostas em produtividade, foi a ureia, com tendência para a dose de 4,5 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Palavras-Chave: Nitrogênio. Nutrientes. Suplementação. *Zea mays*.

## ABSTRACT

Maize is one of the most cultivated crop in the world, productivity is far short of their maximum potential, and is often affected by problems of environmental stress, among which, stands out the low soil fertility, which in most often includes the nitrogen deficiency. Objective to evaluate the agronomic performance of maize under the use of nitrogen fertilizers, applied in leaf form. The study was carried out in two experimental areas, the area A, in Pérola Independente and the area B in Palotina, both in PR State, in eutroferric red oxisoil. The experimental design was completely randomized block in a factorial scheme 2 x 5 (doses N X sources), in 4 repetitions, totaling 40 plots per area. The sources of nitrogen used were urea (45%N) and formulated (20% N + 20% K<sub>2</sub>O + 1% ZnSO<sub>4</sub> + 1% NiSO<sub>4</sub>), in doses of 0; 2.25; 4.50; 6.75 and 9 kg ha<sup>-1</sup> of N, applied at the stage of development of culture, V4-V5, on volume of application of 200 L ha<sup>-1</sup>. During the development of culture, were evaluated the parameters: stand basal culm diameter, height of plant, height of insertion of the cob, chlorophyll (A, B and total), and after the harvest, thousand grain and productivity. The data were subjected to regression analysis ( $p \leq 0,05$  e  $0,10$ ), while the F-test was conclusive for comparison of means ( $p \leq 0,05$ ), using the SISVAR software. In the area A, no significant difference was obtained for the variables, insertion of the first spike, height plant and chlorophyll (A, B and Total). And there was no statistical difference in the variable basal culm diameter. For variable mass of thousand grains, being possible to adjust a quadratic regression model to the formulated and a linear model for the urea. For productivity variable, set a quadratic regression model in urea source in 10% of probability, with the maximum point at 5.05 kg N ha<sup>-1</sup> and 9396.1 kg ha<sup>-1</sup>. For area B, there was no significant difference in variables: basal culm diameter, chlorophylls (A, B and Total) and mass of thousand grains. For height of the plant and height of insertion of the cob there was statistical difference at 5% probability between sources. For the productivity variable, it was possible to adjust a quadratic regression model for urea, with the maximum point at 4.80 kg ha<sup>-1</sup> of N and productivity of 9966.39 kg ha<sup>-1</sup>. The application of nitrogenous compounds by leaf in the culture of corn causes changes in morphological characters and yield components of culture, and that the source that showed greater responses in productivity was urea, with a tendency for the dose of 4.5 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen.

Keywords: Nitrogen. Nutrients. Supplementation. *Zea mays*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - PRECIPITAÇÃO (MM) E TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA (°C) NO PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO (SETEMBRO/2014 A FEVEREIRO/2014), NA ÁREA A NO DISTRITO DE PÉROLA- PR.....20
- FIGURA 2 - PRECIPITAÇÃO (MM) E TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA (°C) NO PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO (SETEMBRO/2014 A FEVEREIRO/2014), NA ÁREA B EM PALOTINA - PR.....21
- FIGURA 3 – DIÂMETRO BASAL DO COLMO DO HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA A, EM PÉROLA INDEPENDENTE –PR. LETRAS IGUAIS NO GRÁFICO NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVA ENTRE SI PELO TESTE F ( $P \leq 0,05$ ). DMS = 0,92. ....26
- FIGURA 4 - MASSA DE MIL GRÃOS DO HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA A, EM PÉROLA INDEPENDENTE – PR. CV = 2,72 %. ....28
- FIGURA 5 – PRODUTIVIDADE PARA O HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA A, EM PEROLA INDEPENDENTE –PR. CV = 8,28 %. ....30
- FIGURA 6 – ALTURA FINAL DE PLANTAS PARA O HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA B, EM PALOTINA – PR. CV = 2,1 %. LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVA ENTRE SI PELO TESTE DE MÉDIA TUKEY ( $P \leq 0,05$ ). ....33
- FIGURA 7 – INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA PARA O HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA B, EM PALOTINA – PR. CV = 3,46. LETRAS IGUAIS NO GRÁFICO NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVA ENTRE SI PELO TESTE DE MÉDIA TUKEY ( $P \leq 0,05$ ). ....34
- FIGURA 8 – MASSA DE MIL GRÃOS PARA O HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA B, EM PALOTINA – PR. CV = 1,84 %. LETRAS IGUAIS NO

GRÁFICO NÃO DIFEREM SIGNIFICATIVA ENTRE SI PELO TESTE DE MÉDIA TUKEY ( $P \leq 0,05$ ). .....	35
FIGURA 9 - PRODUTIVIDADE PARA O HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES E CINCO DOSES DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA B, EM PALOTINA –PR. CV = 6,86%. .....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADO NA ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO DA ÁREA A, EM PÉROLA – PR.....	18
TABELA 2 - RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO DA ÁREA B, EM PALOTINA - PR. ....	19
TABELA 3 - TABELA DE TRATAMENTO, COMPOSIÇÃO E DOSAGEM.....	21
TABELA 4 – ALTURA FINAL DE PLANTAS (M) E INSERÇÃO BASAL DA ESPIGA (M) DO HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES, EM CINDO DOSES, DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA A, PÉROLA INDEPENDENTE –PR. ....	24
TABELA 5 – CLOROFILAS A, B E TOTAL (ÍNDICE IFC) DO HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES, EM CINDO DOSES, DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA A, PÉROLA INDEPENDENTE –PR. ....	25
TABELA 6 – DIÂMETRO BASAL DO COLMO (M) DO HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES, EM CINDO DOSES, DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA B, PALOTINA –PR. ....	31
TABELA 7 – CLOROFILAS A, B E TOTAL DO HÍBRIDO P30F53® SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE DUAS FONTES, EM CINDO DOSES, DE NITROGÊNIO VIA FOLIAR, NA ÁREA B, PALOTINA –PR.....	32

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
2.1	ÁREAS DOS EXPERIMENTOS .....	18
	Área A.....	18
	Área B.....	19
	Dados Meteorológicos. ....	19
2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	21
2.2.1	ÁREA A .....	22
2.2.2	ÁREA B .....	22
2.3	TRATOS CULTURAIS E VARIÁVEIS RESPOSTA .....	22
2.4	ESTATÍSTICA .....	23
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>24</b>
	EXPERIMENTO NA ÁREA DE PÉROLA INDEPENDENTE, DISTRITO DE MARIPÁ .....	24
	EXPERIMENTO NA ÁREA DE PALOTINA -PR .....	30
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma gramínea anual, de metabolismo C4, alógama. Planta nativa das Américas, disseminada pelo mundo, sofreu intenso processo de seleção e melhoramento (GASSEN, 1996). É um cereal da família das Poaceas, muito cultivado em todo o país. Desempenha papel fundamental na agricultura brasileira tanto do ponto de vista econômico, em função da extensa cadeia produtiva e por ser uma *commodity* em ascensão no mercado internacional, como do ponto de vista agrônômico, compondo o sistema de rotação de culturas (BONO *et al.*, 2008).

Associando o consumo humano ao animal, além de se verificar também o crescimento do uso de milho em aplicações industriais, pode-se observar o aumento de sua importância no contexto da produção de cereais em esfera mundial, sendo o cereal mais produzido no mundo (FAGUNDES, 2003). A produção nacional de milho mostra-se bastante tecnificada e a produtividade apresenta aumentos consistentes nos últimos anos (MELHORANÇA *et al.*, 2007).

É uma das culturas mais cultivadas no mundo, e é geralmente afetado por problemas de estresse ambiental, dentre os quais, destaca-se a baixa fertilidade do solo, que na maioria das vezes, inclui a deficiência de nitrogênio (LANA *et al.*, 2012). Segundo Fancelli (2003) tal deficiência pode reduzir de 14 a 80% o rendimento de grãos, pois o milho é uma cultura exigente em fertilidade do solo, com destaque para o nitrogênio (N).

A produtividade da cultura do milho, mesmo nas suas maiores médias, ainda está muito aquém do verdadeiro potencial, que segundo Coelho *et al.* (2003), pode chegar a 16.000 kg ha<sup>-1</sup>, no Brasil. Considera-se que a fertilidade do solo seja um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade do milho, de áreas destinadas tanto à produção de grãos como para forragem. Este fato não se deve apenas aos baixos teores de nutrientes presentes nos solos, mas, também, ao uso inadequado de adubações, principalmente com N e K (VALDERRAMA *et al.*, 2011).

O elemento nitrogênio (N) tem papel fundamental por sua atuação decisiva no metabolismo das plantas; por participar, diretamente, na biossíntese de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (ANDRADE *et al.*, 2003; GROSS *et al.*, 2006). O N está presente em importantes compostos nitrogenados, como bases nitrogenadas

e os ácidos nucleicos, que perfazem cerca de 10% do N total da planta, além, de ser constituinte dos aminoácidos livres e proteicos (MAZARELI *et al.*, 2013).

De acordo com Freire *et al.*, (2001), o N é o nutriente que mais limita o desenvolvimento e a produtividade de biomassa das gramíneas, inclusive do milho. Esta limitação ocorre porque o milho requer grandes quantidades de N (1,0 a 1,3% do peso da planta) e o N suprido pelo solo, na maioria dos casos, não é suficiente para atingir altos tetos de produtividade, necessitando aporte externo desse nutriente ao sistema. O nitrogênio encontra-se em quantidades insuficientes na maioria dos solos brasileiros, demandando uma fertilização em doses adequadas para garantir o desenvolvimento e produtividade do milho (BELARMINO *et al.*, 2003).

Deste modo, o nitrogênio está relacionado aos mais importantes processos fisiológicos das plantas, como: fotossíntese, respiração, atividade e desenvolvimento radicular, absorção iônica de nutrientes, crescimento, entre outros.

Considerado o nutriente mais importante, tanto no incremento da produção de grãos, como na elevação do teor proteico destes, é também um dos elementos que mais onera a produção de milho (MACHADO *et al.*, 1988). Cantarella (2007) relata que os fertilizantes nitrogenados são um dos insumos mais caros no custo de produção da cultura do milho.

Além disso, o manejo de adubações nitrogenadas é um dos mais complexos, devido a fatores relacionados ao custo dos fertilizantes nitrogenados - decorrente de problemas no uso eficiente de algumas fontes (MENEZES, 2004). Geralmente apenas 50% do N aplicado no solo são aproveitados pelas plantas, sendo o restante perdido por lixiviação, volatilização, entre outras causas (SAIKIA; JAIN, 2007). Cada solo possui uma determinada capacidade intrínseca em fornecer N às plantas, pela decomposição da MOS, em quantidades e taxas diferentes; e que dependem, fundamentalmente, do tipo de solo, atividade microbiana e das condições ambientais (RHODEN *et al.*, 2006).

O manejo adequado da adubação nitrogenada é imprescindível, pois o complexo ciclo do N no ambiente, e sua dinâmica no solo, além da elevada solubilidade das principais fontes de fertilizantes nitrogenados, resultam em perdas expressivas, que ainda estão aliadas ao fato que geralmente o nitrogênio é o elemento mais caro no sistema de produção da cultura (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

O reconhecimento da importância do manejo do N em aumentar a produtividade das culturas tem acarretado não só em aumento na demanda pelos

fertilizantes nitrogenados, mas também por novas técnicas e/ou conhecimentos que favoreçam sua eficiência (FREIRE *et al.*, 2001). Segundo Rambo *et al.* (2004), o manejo correto da adubação nitrogenada é fundamental, especialmente aos princípios da agricultura de precisão, visando aumentar a eficiência de uso do N.

Sendo assim, a avaliação do efeito da adubação nitrogenada na cultura do milho é uma prática importante no contexto da nutrição de plantas e contribui para a minimizar os custos de produção. O manejo da adubação nitrogenada deve suprir a demanda da planta nos períodos críticos e minimizar o impacto no ambiente, pela redução de perdas (FERNANDES; LIBARDI, 2007), além disso, a redução nas perdas e o aproveitamento eficiente do nutriente garantem uma redução nos custos de produção.

A demanda do mercado brasileiro de fertilizantes é maior que a produção nacional. Além disso, o segmento encontra-se em expansão tanto no Brasil quanto no mundo. No Brasil, entre 2003 e 2012, o consumo de fertilizantes passou de 22,8 milhões de toneladas para 29,6 milhões, o que configurou crescimento de 30% no período (PETROBRAS, 2013).

No Brasil, a ureia representa mais da metade da matriz de adubos nitrogenados (FACRE, 2007); desses, mais de 70 % são importados, ressalta-se assim a real necessidade do melhor aproveitamento desses fertilizantes e do nitrogênio para a cultura, para que haja consequente redução no custo de produção.

Além disso, a escolha da fonte nitrogenada é muito importante, uma vez que os fertilizantes apresentam comportamento diferenciado, quando aplicados ao solo, com relação as distintas regiões do país, em especial para perdas de N (FIGUEIREDO *et al.*, 2005). O N aplicado no solo está sujeito a perdas por lixiviação, escoamento superficial, desnitrificação, volatilização da amônia e pela imobilização na biomassa microbiana (ALVA *et al.*, 2005).

Dentre as vantagens no uso da ureia em relação às demais fontes nitrogenadas, destaca-se principalmente a alta concentração de N (44 a 46 %), sua alta solubilidade, menor corrosividade e compatibilidade com muitos fertilizantes. Contudo, apresenta desvantagens, como a possibilidade de perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$ , fitotoxidez de biureto e perdas por lixiviação (CANTARELLA, 2007).

O processo de hidrólise da ureia e transformação em amônia é altamente influenciado pelas práticas de manejo e pelas características do solo, associadas às

condições climáticas (DA ROS *et al.*, 2005). A ureia é indicada para aplicação foliar por conter alta concentração de nitrogênio e alto grau de solubilidade (KAPPES *et al.*, 2013).

Pouco se conhece ainda sobre o uso de fertilizantes via foliar, até mesmo para complementar os fertilizantes aplicados via solo, visando aumento da eficiência de uso do nutriente, na produtividade e lucratividade. No trabalho de Deuner *et al.*, (2008), os autores concluíram que a aplicação de nitrogênio foliar pode ser uma maneira eficiente para complementar o que é absorvido pelas raízes.

Além da fonte e da forma de aplicação, ainda em função das transformações de N no solo, há muitas controvérsias e discussões com relação à época de aplicação, principalmente no milho, que é uma das culturas que apresenta maiores incrementos na produtividade em resposta à adubação nitrogenada (MEIRA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2001).

Nos adubos foliares encontrados comercialmente, o nitrogênio está corriqueiramente presente nas misturas com micronutrientes. Argumenta-se que a aplicação foliar é meio eficiente de se nutrir os vegetais em N e a ureia ainda auxiliaria a absorção dos micronutrientes contidos na solução aplicada nas folhas (BOARETTO *et al.*, 1999).

Há substâncias cujas moléculas atravessam com relativa facilidade a cutícula das folhas, mesmo sem receber energia metabólica, passam do apoplasto para o simplasto foliar. A ureia é uma destas substâncias, e o fenômeno tem sido atribuído à difusão facilitada, em que as moléculas difusíveis atravessam o plasmalema por energia de ativação (DURIGAN, 1992). Deste modo, com relação a penetração cuticular, a ureia possui difusão facilitada, e inclusive é utilizada, assim como outras fontes de nitrogênio, para auxiliar no carreamento de herbicidas sistêmicos na superfície foliar (CARVALHO *et al.*, 2010), pois a ureia atua no rompimento de ligações éster, éter e diéter da cutina (YAMADA *et al.*, 1965; DURIGAN, 1992; WITTE *et al.*, 2002).

Segundo Yamada *et al.* (1965), há evidências de que a penetração da ureia ocorre com a molécula intacta, e no citoplasma das células, em presença de urease, é rapidamente submetida à conversão por hidrólise, originando duas moléculas de amônio e consumindo íons hidrogênio (HINSVARK *et al.*, 1953; CHEN e CHING, 1988).

Embora a planta absorva o elemento praticamente durante todo o ciclo, existem fases mais críticas da cultura, em que as exigências por condições ambientais, inclusive nutricionais, são mais intensas. No estágio de quatro a seis folhas ocorrem as diferenciações das várias partes da planta e a definição do potencial produtivo. Os componentes da produção, como número de fileiras de grãos por espiga e tamanho da espiga, são definidos nesses estádios, necessitando nessa época um suprimento adequado de N. Assim, a deficiência de N nesta fase reduz o número de óvulos nos primórdios da espiga (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; SCHRÖDER *et al.*, 2000). Segundo Basso e Ceretta (2000), o nitrogênio é importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, período em que a absorção é mais intensa.

As plantas absorvem nitrogênio sempre que elas estão ativamente crescendo, mas elas nem sempre absorvem nas mesmas taxas. A quantidade de nitrogênio absorvida por dia por unidade de massa da planta chega ao máximo quando a planta é jovem e diminui na medida que ela envelhece (TROEH *et al.*, 2007).

O emprego do medidor portátil de clorofila, por meio do índice SPAD, constitui alternativa promissora para avaliação do nível de N nas plantas (ARGENTA *et al.*, 2001), possibilitando o manejo mais eficiente da adubação nitrogenada, com relação a definição da melhor dose e época de aplicação (sincronização da aplicação com a época de maior demanda pela planta).

Segundo COSTA *et al.* (2008), a adubação nitrogenada tem, por muitas vezes, apresentado respostas produtivas abaixo das esperadas, possivelmente em virtude de inadequados níveis de potássio, o que sugere a existência da relação entre a absorção e o aproveitamento desses dois macronutrientes.

Venkajesan e Ganapathy (2004) relatam uma correlação positiva entre a atividade da enzima redutase do nitrato e a fertilização potássica, deste modo, o N e o K estão relacionados pela função do potássio na ativação da enzima redutase do nitrato.

Após o nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas. Este nutriente tem grande impacto na qualidade da cultura do milho, exercendo influência positiva sobre o peso individual dos grãos e no número de grãos por espiga. Apesar de não fazer parte de nenhum composto dentro da planta, é muito importante em inúmeros processos bioquímicos (MENGEL; KIRKBY, 2001).

O potássio, é um mineral bastante abundante no tecido vegetal de praticamente todas as espécies vegetais e, por apresentar-se predominantemente no

tecido, na forma iônica  $K^+$ , seu retorno ao solo é muito rápido, ocorre logo após a senescência das plantas. Assim, a maior parte do potássio é ciclada, embora possa ocorrer perdas, como por lixiviação (PAVINATO *et al.*, 2008).

Além disso, quando o milho é cultivado em sistemas de produção que têm a soja como cultura principal, o suprimento de potássio para a gramínea passa a ser mais importante, porque a soja é uma planta leguminosa que exporta quantidade considerável do nutriente (COELHO, 2008). E na região, a realidade mais recorrente é a sucessão soja e milho, intercalado ao cultivo de trigo no sistema de rotação.

Quanto ao zinco, é o micronutriente mais limitante à produção da cultura do milho; a deficiência deste elemento é reconhecida como problema nutricional mundial para a produção das culturas (FAGERIA, 2001), especialmente aquelas que pertencem à família das Poaceae. Sua relevância para a cultura do milho, também é retratada por Melarato (2000), que define o elemento, como o micronutriente que incrementa a produtividade de grãos nessa cultura.

O zinco desempenha funções importantes nas plantas, especialmente, como ativador enzimático, requerido para síntese do aminoácido triptofano, um precursor da biossíntese do ácido indol acético (AIA), em rotas bioquímicas de formação de lipídeos e proteínas e na estruturação das membranas celulares (MALAVOLTA, 1980). Sendo assim, com a deficiência de Zn, a planta tem diminuição da atividade enzimática, desenvolvimento dos cloroplastos, conteúdo de proteínas e ácidos nucleicos (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

E por findar, o níquel, micronutriente, qual as pesquisas ainda são escassas e o posicionamento sobre sua suplementação não está bem esclarecido. Deste modo, sabendo da essencialidade principalmente dos elementos N, K e Zn, utilizados na pesquisa, justifica-se a realização da mesma, para reafirmar estudos ou contribuir com novas observações.

Neste contexto, a realização desta pesquisa é algo inovador, pela utilização deste composto formulado para avaliar a influência dos elementos K, Zn e Ni em composições que tem como composto principal o nitrogênio, não cada nutriente individualmente, mas o efeito do uso destes nutrientes combinados, a fim de melhorar a absorção e utilização do nitrogênio.

Deste modo, objetivou-se, avaliar o desempenho agrônômico do milho com a utilização de fertilizantes nitrogenados, aplicados via foliar.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, em duas áreas experimentais, com a cultura submetida aos mesmos tratamentos com adubações nitrogenadas, entretanto, as áreas apresentavam diferenças de altitude, clima, solo, distribuição pluviométrica e arranjo espacial.

### 2.1 ÁREAS DOS EXPERIMENTOS

#### Área A

O experimento, foi realizado a campo, no distrito de Pérola Independente, município de Maripá-PR, no ano agrícola 2014/2015, em solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico. A análise granulométrica do solo, apresentou composição sendo: 612,5 g kg<sup>-1</sup> de argila, 200 g kg<sup>-1</sup> de areia e 187,5 g kg<sup>-1</sup> de silte e a análise química do solo está disposta na TABELA 1. O clima da região é o Cfa, na classificação de Köppen; e a área está localizada a uma altitude média de 471 metros.

TABELA 1 - Resultado na análise química de solo da área A, em Pérola – PR.

P	pH	C	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+</sup>	Al <sup>+</sup>	SB	T	V
mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				%			
43,09	5,3	31,05	1,24	7,03	2,41	5,35	0	10,68	16,03	66,63
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Alto	Alto	Alto

Obs.: Extrator Melich: K, P, Fe, Mn, Cu e Zn. Extrator KCl: Ca, Mg e Al.

O híbrido utilizado na pesquisa foi o Pioneer 30F53<sup>®</sup>. A semeadura da cultura ocorreu no dia 05/09/14. A cultura recebeu adubação no sulco de plantio utilizando hastes sulcadoras, do formulado NPK 16-16-16 Yara Mila<sup>®</sup>, na dose de 375 kg ha<sup>-1</sup>, o que equivale a 60 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. A profundidade de trabalho das hastes sulcadoras foi de aproximadamente 12 cm, e a profundidade de semeadura de 8 cm, utilizando uma semeadora de precisão Semeato PSE8.

## Área B

O experimento foi realizado em área experimental a campo, no município de Palotina - PR, no ano agrícola 2014/2015, em solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico. A análise granulométrica do solo, apresentou composição sendo 51% de argila, 37% areia e 12% silte e já a análise química esta apresenta na TABELA 2. O clima da região é definido como Cfa na classificação de Köppen, e altitude média da área é de 323 metros.

TABELA 2 - Resultados da análise química de solo da área B, em Palotina - PR.

P	pH	C	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+</sup>	Al <sup>+</sup>	SB	T	V
mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
7,40	5,10	12,38	0,35	3,43	0,95	3,69	0	4,73	8,42	56,18
Alto	Médio	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Médio

Obs.: Extrator Mehlich I: P, K<sup>+</sup>, Cu, Fe e Mn. Extrator KCl: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>. Extrator Walkey Black: C.

O híbrido adotado na pesquisa, foi o Pioneer 30F53®. A semeadura da cultura ocorreu em 01/09/2014. A cultura recebeu adubação no sulco de semeadura utilizando hastes sulcadoras, do formulado NPK 16-16-16 Yara Mila®, na dose de 371,90 kg ha<sup>-1</sup>, o que equivale a 59,50 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. A profundidade de trabalho das hastes sulcadoras foi de aproximadamente 15 cm e a profundidade de semeadura de 10 cm, utilizando uma semeadora de precisão Semeato SOL TOWER.

## Dados Meteorológicos.

Os dados de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial foram coletados durante o período das áreas A e B.

## Área A

Observando os dados pluviométricos da FIGURA 1, observa-se que houve boas precipitações durante o desenvolvimento da cultura, altas temperaturas e temperaturas amenas na média de 18 °C.

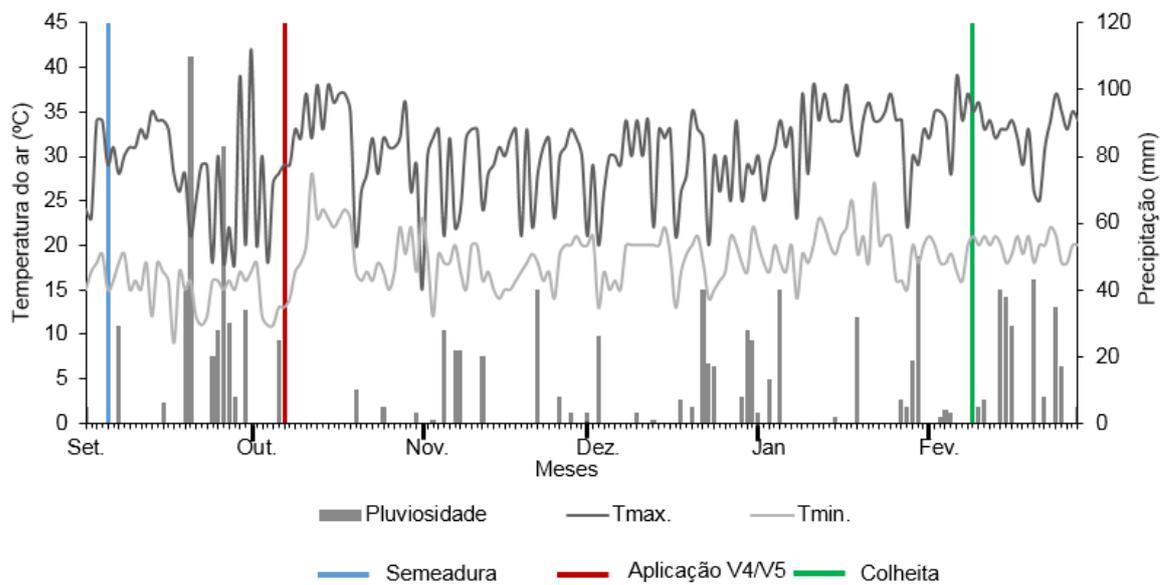


FIGURA 1 - Precipitação (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) no período da realização do experimento (setembro/2014 a fevereiro/2014), na área A no Distrito de Pérola- PR.

Após a semeadura ocorreu boa precipitação, favorecendo assim a germinação das sementes, com boa distribuição das precipitações durante todo o período do experimento, havendo apenas um déficit hídrico do período de 08/10 a 19/10, ou seja, 12 dias. Deste modo observa-se que as condições climáticas foram favoráveis para o desenvolvimento da cultura do milho.

#### Área B

Observando a FIGURA 2, nota-se que houve baixos registros para precipitações, a qual pode ter interferido no desenvolvimento do milho, ocorrendo poucas precipitações no mês de outubro, sendo que no mês de novembro houve aproximadamente 20 dias sem ocorrer precipitações, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento da cultura, diminuindo o potencial produtivo. Sendo que logo após este período as precipitações regularizaram, com boa distribuição durante os meses. A temperatura máxima foi no mês de outubro, ultrapassando 40°C, e a mais baixa em setembro com aproximadamente 8 °C. Porém, do mês de novembro a fevereiro houve uma estabilização da temperatura, sem grandes variações.

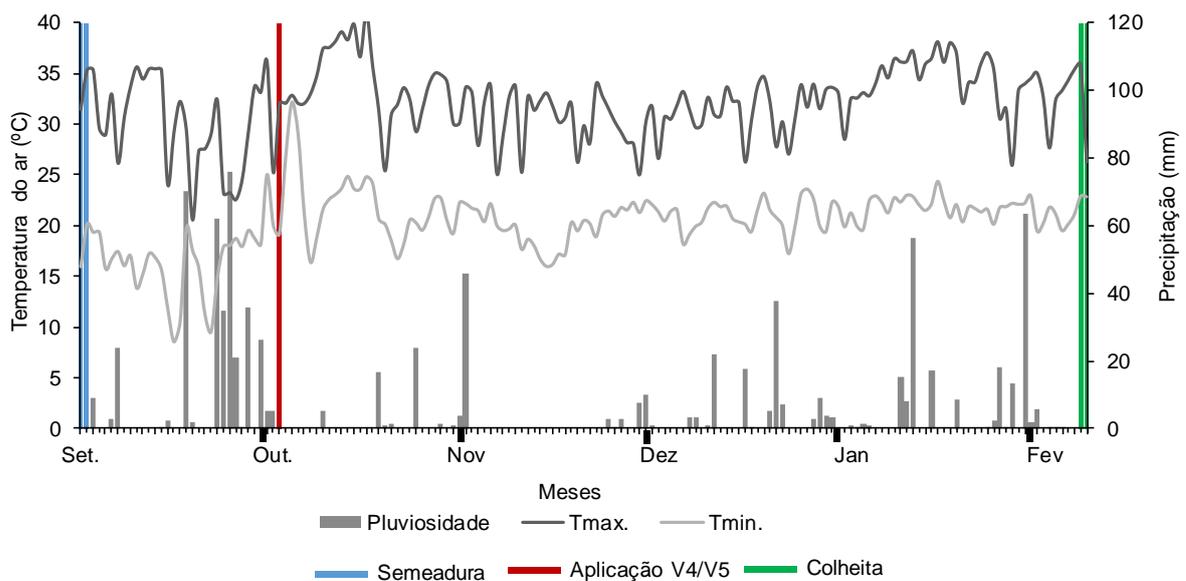


FIGURA 2 - Precipitação (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) no período da realização do experimento (setembro/2014 a fevereiro/2014), na área B em Palotina - PR.

## 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi constituído por dez tratamentos, como mostra a Tabela 3. Os experimentos, foram instalados no delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial de 2 x 5 (Fontes X Doses de N), com 4 repetições, totalizando 40 parcelas

TABELA 3 - Tabela de tratamento, composição e dosagem.

Composição das fontes	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )
Ureia (45% de Nitrogênio)	0,00
	2,25
	4,50
	6,75
	9,00
Formulado (20 % de N + 20 % de K <sub>2</sub> O + 1% de sulfato de níquel e 1% de sulfato de Zinco).	0,00
	2,25
	4,50
	6,75
	9,00

O volume de aplicação utilizado foi 200 L ha<sup>-1</sup>. A adubação foliar foi realizada entre os estádios de desenvolvimento da cultura entre V4 e V5. Para as aplicações foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, propelido pelo aplicador, com pressão constante de 2 BAR (ou 29 PSI), a vazão de 0,65 L min<sup>-1</sup>, equipado com lança contendo 6 bicos leque da série Teejet tipo XR 110 02, que trabalhando a altura de 50 cm do alvo e a velocidade de 1 m segundo<sup>-1</sup>, atinge a faixa de aplicação de 50 cm de largura por bico.

Na área A para a safra 2014/15 as aplicações (V4-V5) foram realizadas respectivamente dia 07/10/2014 (umidade relativa (UR) = 64,40%; velocidade do vento (vv) = 4,42 km h<sup>-1</sup>; temperatura (T) = 25,00 °C).

Na área B para a safra 2014/15, a aplicação (V4-V5) foi realizada no dia 03/11/2014 (umidade relativa (UR) = 65,40%; velocidade do vento (vv) = 5,76 km h<sup>-1</sup>; temperatura (T) = 26,60 °C).

### **2.2.1 Área A**

As parcelas constituíram-se de 4 fileiras de 5 metros, com espaçamento entrelinhas de 0,90 m, e com aproximadamente 65.000 a 70.000 mil sementes por hectare, correspondendo a uma área de 18 m<sup>2</sup> por parcela. A área útil foi composta pelas 2 fileiras centrais, descontando-se 0,9 m de cada extremidade, restando 3,6 m<sup>2</sup>.

### **2.2.2 Área B**

As parcelas foram constituídas de 6 fileiras de 5 metros, com espaçamentos de 0,50 m, e com aproximadamente 65.000 a 70.000 mil sementes por hectare, correspondendo a uma área de 15 m<sup>2</sup> por parcela. A área útil foi composta pelas 4 fileiras centrais, descontando-se 0,9 m de cada extremidade, restando 4,0 m<sup>2</sup>.

## **2.3 TRATOS CULTURAIS E VARIÁVEIS RESPOSTA**

Antes da instalação da cultura foram coletadas amostras de solo para análise química na profundidade de 0-20 cm, para fins de correção e adubação. As práticas de manejo fitossanitário seguiram as recomendações técnicas da região.

Foram determinadas as variáveis resposta de desenvolvimento conforme o hábito da cultura, como: estande (plantas ha<sup>-1</sup>), altura final de plantas, altura da inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo e teor de clorofila.

O teor de clorofila foliar foi determinado indiretamente na folha oposta e abaixo da espiga no período do florescimento, em 8 folhas por parcela através de leituras ICF, com auxílio de um clorofilômetro digital CFL 1030 Falker (FALKER, 2008).

O diâmetro basal do colmo foi medido a 10 cm do nível do solo, em 8 plantas por parcela, utilizando um paquímetro, e o resultado foi expresso em milímetros (mm). Para a avaliação de altura da inserção da primeira espiga utilizou-se uma régua de madeira milimétrica, medindo a distância (m) do nível do solo à base da espiga, e altura final de plantas utilizou-se a mesma régua de madeira milimétrica, mas foi aferida a distância entre o nível do solo ao ápice do pendão do milho (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Após a colheita da área útil das parcelas, os grãos colhidos foram acondicionados em ambiente apropriado, determinada a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) para cada tratamento e repetição. Em seguida, foi determinada a massa de mil sementes, por meio da pesagem de 8 subamostras de mil grãos, para cada repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. E realizou-se o cálculo do rendimento e da massa de mil grãos, o grau de umidade das sementes, determinado por meio do método de estufa a 105°C +/- 3°C por 24 horas (BRASIL, 2009), e foi corrigido para 13% umidade em base úmida (ALBRECHT, 2009).

## 2.4 ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Após atendidas as pressuposições básicas para a análise de variância, foram realizados todos os desdobramentos necessários ( $p \leq 0,05$  e a 0,10). Para avaliar o comportamento das doses foi empregada a análise de regressão ( $p \leq 0,05$  e a 0,10), enquanto o teste F foi conclusivo na comparação das médias, para o tratamento qualitativo (formulações) ( $p \leq 0,05$  e a 0,10). Os dados foram analisados por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### Experimento na área de Pérola Independente, distrito de Maripá

Apenas as variáveis diâmetro do colmo e massa 1000 grãos apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade, sendo possível ajustar modelo de regressão para variáveis massa de 1000 grãos e produtividade (para produtividade a 10 % de probabilidade). A variável estande, não apresentou diferença estatística, indicando grande uniformidade na população de plantas.

Infere-se que os resultados, com base nas médias em números absolutos observadas na TABELA 4, que a aplicação de ureia pouco influenciou na variável altura final de plantas, pois a amplitude entre as médias foi muito baixa, o mesmo vale para a aplicação do formulado, e para ambos os produtos, o maior número absoluto de altura foi na dose 6,75 kg ha<sup>-1</sup>.

TABELA 4 – Altura final de plantas (m) e Inserção basal da espiga (m) do híbrido P30F53<sup>®</sup> submetido a aplicação de duas fontes, em cinco doses, de nitrogênio via foliar, na área A, Pérola Independente – PR.

Dose Kg ha <sup>-1</sup> de N	Formulado	Ureia	Formulado	Ureia
	Altura		Inserção	
0,00	2,40	2,38	1,24	1,26
2,25	2,36	2,38	1,23	1,26
4,50	2,40	2,38	1,24	1,22
6,75	2,41	2,40	1,24	1,24
9,00	2,39	2,39	1,24	1,23
CV	1,73		4,18	
Média geral	2,39		1,24	

Não significativo ( $P \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Nos resultados de Biscaro *et al.* (2011) que testou 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de N não observou-se diferença significativa na altura de plantas em relação às doses de N e tampouco para a forma de aplicação. Esses resultados são contrários aos encontrados por Silva *et al.* (2003), que analisaram os efeitos da aplicação de doses de nitrogênio (0; 40; 80 e 120 kg N ha<sup>-1</sup>) na cultura do milho e constataram resposta positiva em altura de plantas para essas doses de nitrogênio.

Para variável inserção da espiga a amplitude entre as médias é extremamente baixa principalmente para o formulado, não apresentando diferenças significativas.

Casagrande e Fornasieri Filho (2002) também não observaram qualquer influência das doses de N na altura de inserção das espigas, o que pode ser considerado benéfico, se considerar espigas com maior altura de inserção, podem predispor a planta ao acamamento.

Além disso, Meira (2006), acredita que a ausência de respostas se deve, provavelmente, por altura das plantas e a altura de inserção da espiga serem características altamente influenciadas pelo genótipo dos híbridos, e deste modo, pouco dependentes do meio. Mas como outros autores encontram resposta mesmo nestas variáveis, é mais válido o pressuposto que as variáveis são dependentes da interação genótipo–ambiente que condiciona todo o desenvolvimento da planta, assim como retrata Felicio *et al.* (2001), a expressão do potencial de rendimento de um genótipo em uma região depende de fatores genéticos e ambientais. Conforme Ribeiro *et al.*, (2000), é possível por meio de níveis de fertilizantes e épocas de aplicação e de manejos fitotécnicos, simular condições ambientais diversas.

Para as variáveis diâmetro do caule, altura de plantas e inserção da espiga Domenici (2000) não encontrou resposta significativa, estudando a adubação nitrogenada no milho, em sistema de plantio direto.

Em relação a avaliação de clorofila (TABELA 5) a clorofila A para ureia a maior média foi na dose de 6,75 kg ha<sup>-1</sup> e a menor na dose 4,5 kg ha<sup>-1</sup>. Já o maior valor de média para o formulado foi na dose de 2,25 kg ha<sup>-1</sup>. Tanto clorofila A, quanto B, não apresentaram diferença estatística; mas para o formulado, ambas, obtiveram o menor valor na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> (em números absolutos). Ainda clorofila B, para o formulado, a maior média na dose 4,5 kg ha<sup>-1</sup>. E para ureia, em termos numéricos, a menor média foi na dose 9 kg ha<sup>-1</sup> e a maior na dose 0 kg ha<sup>-1</sup>, observando uma tendência linear de que com o aumento na dose de N através da ureia, há uma redução na média dos valores de clorofila B.

TABELA 5 – Clorofilas A, B e Total (índice IFC) do híbrido P30F53<sup>®</sup> submetido a aplicação de duas fontes, em cinco doses, de nitrogênio via foliar, na área A, Pérola Independente –PR.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Formulado	Ureia	Formulado	Ureia	Formulado	Ureia
	Clorofila A		Clorofila B		Clorofila Total	
0,00	44,38	44,22	15,85	16,22	60,23	60,44
2,25	44,88	44,24	16,17	16,13	61,05	60,37
4,50	44,69	43,76	16,91	15,76	61,60	59,52
6,75	44,77	44,47	16,47	15,68	60,24	60,15
9,00	44,62	43,82	16,35	15,57	60,97	59,39

CV	4,35	7,76	4,75
Média geral	44,28	16,11	60,39

Não significativo ( $P \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Argenta *et al.*, (2001), relacionando leitura do clorofilômetro com o teor de N na folha do milho, verificaram que as leituras com o medidor portátil de clorofila relacionaram-se positivamente com teor de N foliar feito em laboratório somente nos estádios de 10 -11 folhas e florescimento, não apresentando relação positiva nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho, ou seja, nos estádios iniciais do desenvolvimento do milho, a leitura realizada com clorofilômetro não é muito representativa, indicando que boa parte do N absorvido nessa fase é provavelmente utilizado para produção de outras estruturas na planta e não para formação de clorofila. Por essa possibilidade de que a leitura com clorofilômetro nos estádios iniciais não seja tão representativa, a avaliação (do teor de clorofila) foi realizada no estágio de pendramento da cultura, no entanto, não obtendo diferenças significativas.

A variável diâmetro basal do colmo, que apresentou diferença estatística, conforme FIGURA 3, quando comparado cada produto dentro das doses, para a dose 2,25 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a ureia apresentou uma média superior do que a mesma dose de formulado.

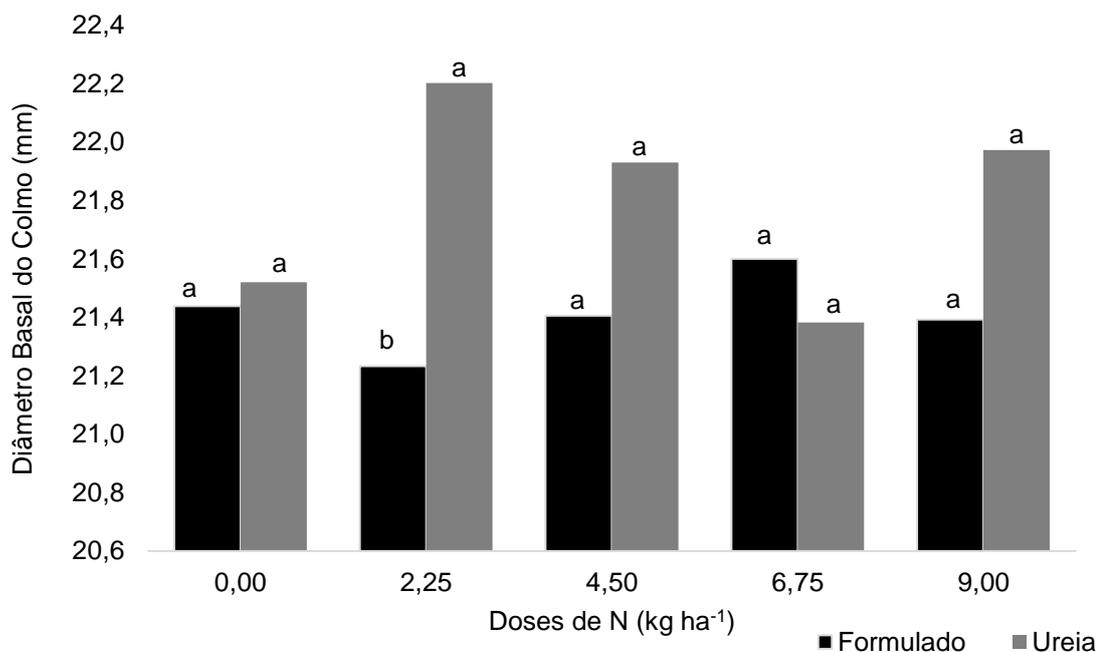


FIGURA 3 – Diâmetro basal do colmo do híbrido P30F53® submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área A, em Pérola Independente –PR. Letras iguais no gráfico não diferem significativa entre si pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). DMS = 0,92.

Sugere-se com base nestes resultados, que a absorção de nitrogênio em altas doses, possa causar um desbalanço das funções celulares, pois há facilidade de entrada para o nitrogênio via superfície foliar, na composição e estrutura interna da folha, recém adentrado, ele reage e é convertido em diferentes compostos, dentre ele o  $\text{NH}_4^+$ , que é um desacoplador de membranas, as células assim perdem permeabilidade seletiva e pode ocorrer extravasamentos celulares. Segundo Souza e Fernandes (2006), vários estudos demonstram que o  $\text{NH}_4^+$  pode ser tóxico para as plantas, afetando tanto a fisiologia como a morfologia das mesmas.

Além disso, de acordo com Witte *et al.* (2012) em experimento com a cultura da batata, sugere que a presença de acumulação de amônio no tecido foliar, após a aplicação de ureia, indica que a reação com a urease é não limitativa para a assimilação de N exógeno, ou seja, a folha contém quantidades excessivas da enzima, capaz de processar quantidades muito maiores de ureia do que as folhas contêm naturalmente. E com isso, infere-se que haja um eficiente aproveitamento do nitrogênio aplicado na forma de ureia foliar.

A ureia, precisa ser convertida por hidrólise para formação de amônio. Nas plantas e no solo essa reação é mediada por ureases, de modo que a hidrólise espontânea é bastante reduzida. A reação completa de hidrólise da ureia ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) pode ser representada pela equação (HINSVARK *et al.*, 1953; WITTE *et al.*, 2002):  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \xleftarrow{\text{urease}} 2 \text{NH}_4^+ + \text{CO}_2$ . E notadamente, para que a reação ocorra há consumo de íons hidrogênio, o que resulta na elevação do pH da solução. Mas quando a ureia é fornecida às plantas via foliar, a absorção de N é facilitada, o que minimiza as perdas para o ambiente (HAVERKORT e MACKERRON, 2000). A maioria das plantas absorvem a ureia aplicada via foliar rapidamente (WITTWER *et al.*, 1963; NICOULAUD e BLOOM, 1996) e hidrolisam a ureia no citoplasma.

A massa de 1000 grão também apresentou interação significativa (FIGURA 4) quando compara-se cada produto dentro das doses, a dose de  $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio da fonte ureia, foi superior a mesma dose do formulado. Já para as doses dentro dos produtos, para o formulado foi possível ajustar um modelo de regressão quadrática a 10% de probabilidade, e obtemos o ponto de eficiência mínimo na dose de  $4,25 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, que corresponde a 272,4 g de massa de mil grãos; já para o produto ureia foi possível ajustar um modelo de regressão linear.

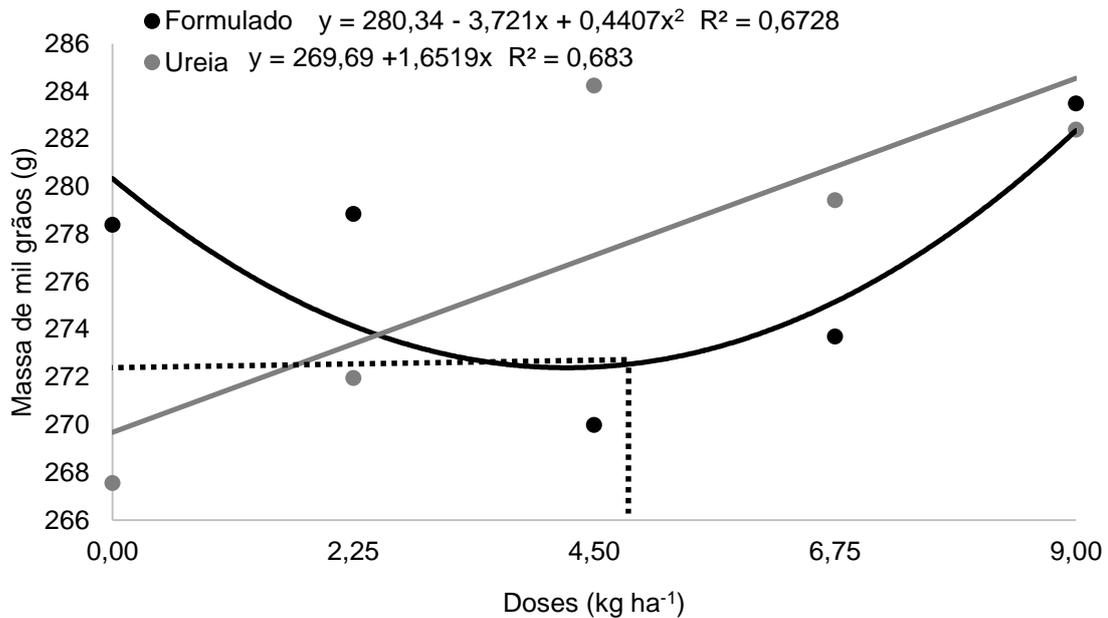


FIGURA 4 - Massa de mil grãos do híbrido P30F53<sup>®</sup> submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área A, em Pérola Independente – PR. Cv = 2,72 %.

Os resultados são semelhantes aos apresentados por Zanatta *et al.*, (2007) que verificaram aumento linear do peso de 1000 grãos com o incremento das doses de nitrogênio para cultivares de milho. Entretanto, as respostas da massa de cem ou mil grãos à adubação nitrogenada na literatura são muito variáveis. Oliveira e Caires (2003) verificaram aumento linear da massa de cem grãos e essencialidade deste componente no aumento da produtividade de grãos, utilizando as doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Mas divergindo a isso, Casagrande e Fornasieri Filho (2002) não constataram efeito de doses (0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N) e de épocas de aplicação de N aplicadas na forma de ureia, por meio da variável massa de cem grãos em milho safrinha.

Há possibilidade que esse resultado encontrado para o formulado seja devido a aplicação ter ocorrido em fase de definição de potencial produtivo na planta, e ter causado danos a planta, isso pode ser observado pela injúria, visualizada pelo sintoma de necrose (nas maiores doses). A planta utilizou energia para recuperar-se da injúria, e com isso, havia menos energia disponível para os processos naturais de desenvolvimento. Ou seja, possivelmente a aplicação em V4 em dose elevada, causou distúrbios na planta que afetou momentos posteriores do desenvolvimento da planta, de V6-V12 aonde é definido o potencial da espiga, possivelmente isso afetou o tamanho, que ficou menor e conseqüentemente pode ter reduzido o número de fileiras e nº de grãos por fileiras; entretanto, a planta superou esse estresse e realizou

a conversão e redistribuição de fotoassimilados, o enchimento de grão ocorreu naturalmente, mas como haviam menos grãos (menos drenos) por espiga, individualmente os grãos receberam mais fotoassimilados, explicando a maior massa de grãos.

Segundo FANCELLI (2003), na cultura do milho, o potencial de produção é definido precocemente, ou seja, por ocasião da emissão da 4ª folha, podendo se estender até a 6ª folha. Deste modo, o dano causado na planta em V4 pode resultar na redução do potencial de produção, como citado. Conforme MAGALHÃES e DURÃES (2006) o enchimento de grãos é o processo em que ocorre o aumento na deposição de matéria seca, e está intimamente relacionado à fotossíntese, estresses podem resultar na menor produção de carboidratos, implicando em menor volume de matéria seca nos grãos. As folhas apresentando sintoma de clorose, possivelmente estavam passando por um estresse, e o processo fotossintético ficou reduzido, e deste modo, também a produção de fotoassimilados, que está relacionada com a deposição de matéria seca.

Por fim, considerado o parâmetro mais interessante em termos práticos, houve resultados significativos para doses dentro dos produtos, sendo possível ajustar um modelo de regressão quadrática para aplicação da ureia, apresentando seu ponto máximo na dose 5,05 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondo a produtividade de 9396,1 kg ha<sup>-1</sup> (FIGURA 5). A aplicação de ureia expressou aumento numérico em produtividade aproximadamente de 6,5 a 13,5 sacas por hectare.

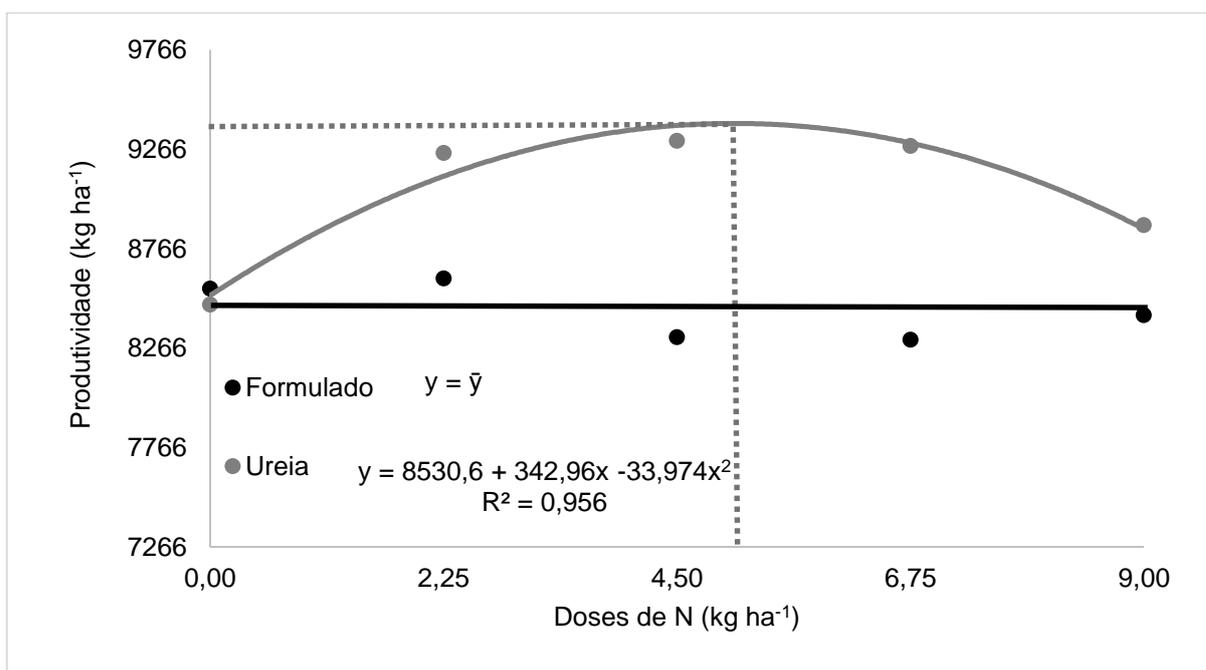


FIGURA 5 – Produtividade para o híbrido P30F53® submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área A, em Perola Independente –PR. CV = 8,28 %.

Este limite de resposta a aplicação de ureia é conhecido e justificável, por exemplo, Ferraz *et al.* (1969) para a cultura do algodoeiro, cita que as plantas podem suportar até 15% de ureia em solução Almeida *et al.* (1998) observaram para feijoeiro, concentrações de ureia de até 10% não causaram injúrias serias as folhas. Inclusive, esse efeito de fitotoxidez pode não ser devido ao efeito salino, mas sim devido a liberação da amônia após a ação da urease na hidrólise, pois a ureia é absorvida na forma molecular (WITTWER *et al.*, 1963).

Computando que o preço pago pelo kg da ureia a R\$ 1,6 kg<sup>-1</sup>, e a necessidade de aplicar 10 kg ha<sup>-1</sup> para fornecer 4,5 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obtemos um custo de R\$16,00 ha<sup>-1</sup>, apenas para o fertilizante, sem contar o custo de aplicação. Fixando o preço pago pelo milho de R\$ 21,00 por saca, obtemos um lucro de 272,12 reais por ha (13,72x21=R\$288,12, menos os 16 reais do custo do fertilizante, sobrarão os 272,12 reais).

Entretanto para a produtividade para o formulado não foi possível ajustar um modelo de regressão. A segunda maior média foi para a dose de 0 kg ha<sup>-1</sup>, uma possibilidade para tanto, é que em doses acima de 2,25 kg ha<sup>-1</sup>, houve redução na produtividade, pois componentes do formulado levaram a clorose nas folhas, causada possivelmente pelo cloreto de potássio, esta clorose é indicativo de injúria foliar.

O nitrogênio tem facilidade de entrada na superfície foliar, pode inclusive servir como carreador, aumentando a absorção via foliar e sendo assim, junto ao nitrogênio pode ter ocorrido maior aporte de potássio, que tem potencial salino e alto poder higroscópico, com isso reduz o potencial osmótico e consequentemente o hídrico, levando a redução do volume de água na célula e com isso do protoplasma, assim, a célula perde sua estabilidade, e o dano de clorose visual (que avança para necrose) pode ser em resultado disso.

Observado o valor do *PValeu*, que foi de 0,06, considera-se que a 10% de probabilidade teria-se obtido diferença estatística nas doses 4,5 e 6,75 kg ha<sup>-1</sup>, para interação dos produtos dentro das doses, onde a ureia se demonstraria superior ao formulado.

### **Experimento na área de Palotina -PR**

Estatisticamente, as variáveis altura final de plantas e inserção da espiga apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade. As demais variáveis não

apresentam diferença estatística significativa a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Mas podem ser observadas numericamente.

A variável estande não apresentou diferença estatística, o que é desejável, pois indica uniformidade de plantio na área experimental, e deste modo garante homogeneidade entre as parcelas.

Para variável diâmetro do colmo, como demonstra a TABELA 6, para ambos os produtos, quase todos os tratamentos tiveram médias (em termos numéricos) superiores a dose de 0 kg ha<sup>-1</sup>, com exceção na dose 6,75 kg ha<sup>-1</sup> do formulado que foi inferior a dose 0. A maior média para o formulado foi na dose de 2,25 kg ha<sup>-1</sup>, e para a ureia na dose de 4,5 kg ha<sup>-1</sup>. Sem muita amplitude no geral houve um pequeno aumento em diâmetro do colmo com a aplicação nitrogenada.

TABELA 6 – Diâmetro basal do colmo (m) do híbrido P30F53® submetido a aplicação de duas fontes, em cinco doses, de nitrogênio via foliar, na área B, Palotina –PR.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> de N)	Formulado		Ureia
	Diâmetro		
0,00	19,51		19,01
2,25	19,81		19,53
4,50	19,54		20,52
6,75	19,40		20,17
9,00	19,72		20,01
CV		4,61	
DMS		1,32	
Média geral		19,72	

Não significativo ( $P \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Diâmetro do colmo normalmente apresenta correlação positiva com a produtividade, por se tratar de um órgão de reserva da planta. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000), o colmo atua como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente, na formação dos grãos. O mesmo é retratado por Kappes *et al.* (2011), que citam ser uma variável muito importante para a obtenção de alta produtividade, pois quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos; e além disso, esta característica morfológica é uma das que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento e quebraimento de planta na cultura do milho.

Foi realizada a medição do teor de clorofila na planta com auxílio do clorofilômetro, como demonstra a TABELA 7.

E segundo Argenta *et al.* (2002), o índice de clorofila pode estar relacionado a produtividade. Indicadores do nível de N na cultura do milho demonstram que o índice SPAD, com o teor de N na folha índice (primeira folha oposta e abaixo da espiga), apresenta alta relação com o rendimento de grãos de milho.

TABELA 7 – Clorofilas A, B e Total do híbrido P30F53® submetido a aplicação de duas fontes, em cinco doses, de nitrogênio via foliar, na área B, Palotina –PR.

Dose	Formulado	Ureia	Formulado	Ureia	Formulado	Ureia
	Clorofila A		Clorofila B		Clorofila Total	
0,00	44,74	45,41	18,27	19,27	63,01	65,41
2,25	45,92	46,00	19,73	19,09	65,65	65,08
4,50	46,45	45,98	19,48	18,95	65,92	64,93
6,75	46,56	45,99	20,16	18,76	66,72	64,74
9,00	45,65	45,83	19,30	19,17	64,95	65,00
CV	2,84		6,17		3,32	
DMS	1,89		1,72		3,14	
Média geral	42,85		19,22		65,14	

Não significativo ( $P \leq 0,05$ ), pelo teste F.

Mas para ureia não se pode inferir o mesmo, além disso, clorofila A não teve o mesmo comportamento numérico que clorofila B e Total. Para clorofila A, a amplitude numérica entre as médias foi muito baixa, e a menor média foi na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> e a maior na dose 2,25 kg ha<sup>-1</sup>. Já para clorofila B e Total, as maiores médias foram na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> e as menores médias para a dose de 6,75 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, possivelmente a aplicação do nitrogênio, na fonte ureia, reduziu os teores de clorofila B e Total, entretanto sem resultados estatísticos significativo.

Neste contexto, Epstein e Bloom (2004), salientaram que a eficiência de absorção de nutrientes diminui com altas aplicações de fertilizantes porque as plantas regulam para baixo seus mecanismos de transporte, absorvendo os nutrientes apenas a taxas suficientes para atender as demandas de crescimento.

Estatisticamente as variáveis altura final de plantas e inserção da espiga apresentaram diferença significativa quando realizamos o desdobramento de produtos dentro de dose, conforme a FIGURA 6, sendo que a aplicação de ureia na dose de 2,25 kg ha<sup>-1</sup> foi superior que a mesma dose na aplicação de formulado, para

variável altura; mas para variável inserção (FIGURA 7), na mesma dose de 2,25 kg ha<sup>-1</sup>, o formulado foi superior a menor dose.

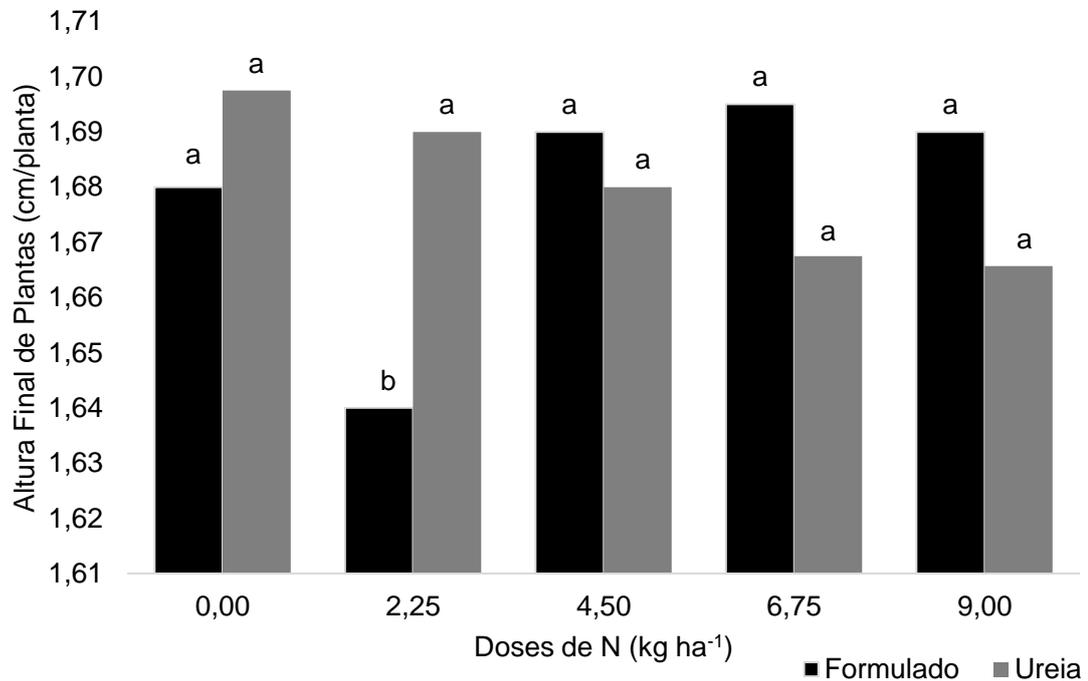


FIGURA 6 – Altura Final de Plantas para o híbrido P30F53® submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área B, em Palotina – PR. CV = 2,1 %. Letras iguais não diferem significativa entre si pelo teste de média Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Para variável altura final de plantas, não houve grande discrepância entre as médias dos tratamentos, com uma amplitude de 1- 5 cm. Para variável inserção da primeira espiga observa-se diferença estatística para o desdobramento de produto dentre de dose, no qual o formulado mostrou-se superior a ureia. Mas numericamente, para ambas as fontes, as maiores médias foram nas menores doses, o que pode ser visualizado pela FIGURA 7.

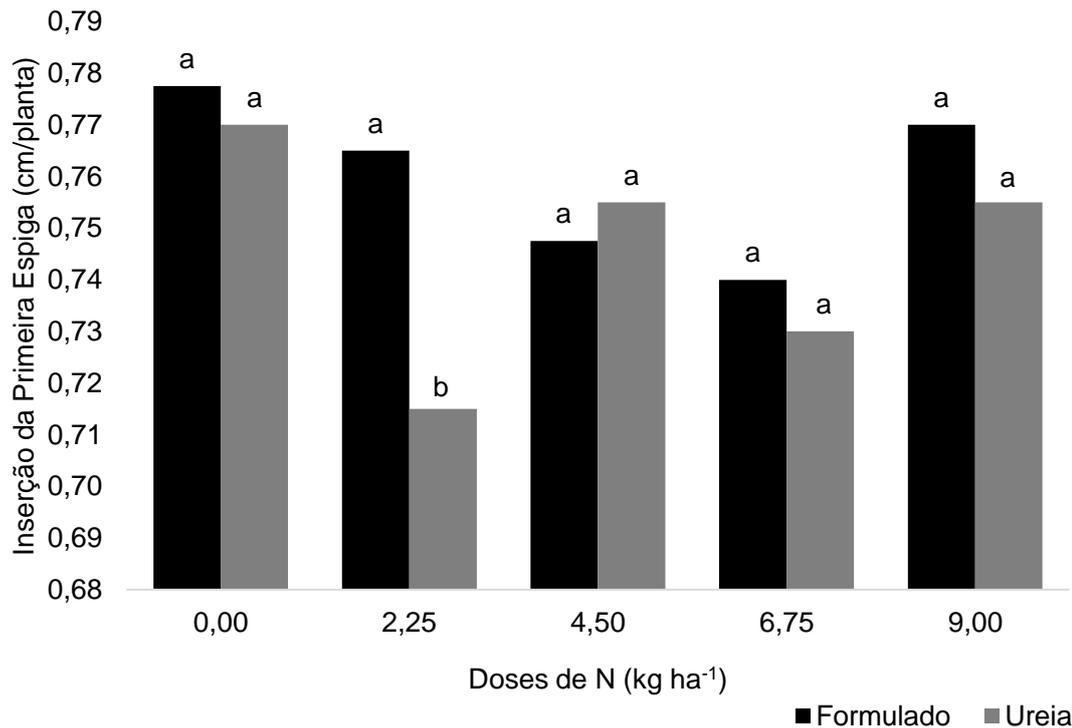


FIGURA 7 – Inserção da Primeira Espiga para o híbrido P30F53<sup>®</sup> submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área B, em Palotina – PR. Cv = 3,46. Letras iguais no gráfico não diferem significativa entre si pelo teste de média Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Não percebe-se relação entre altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga. Entretanto outros autores já obtiveram esse resultado. Soratto *et al.*, (2010), que para além de diâmetro do colo, a variável altura da planta foi incrementada por doses de N, em cobertura, entretanto, a altura de inserção da primeira espiga não apresentou resultado estatístico significativo.

Para variável massa de mil grãos, de acordo com a FIGURA 8 não houve resultado estatístico significativo.

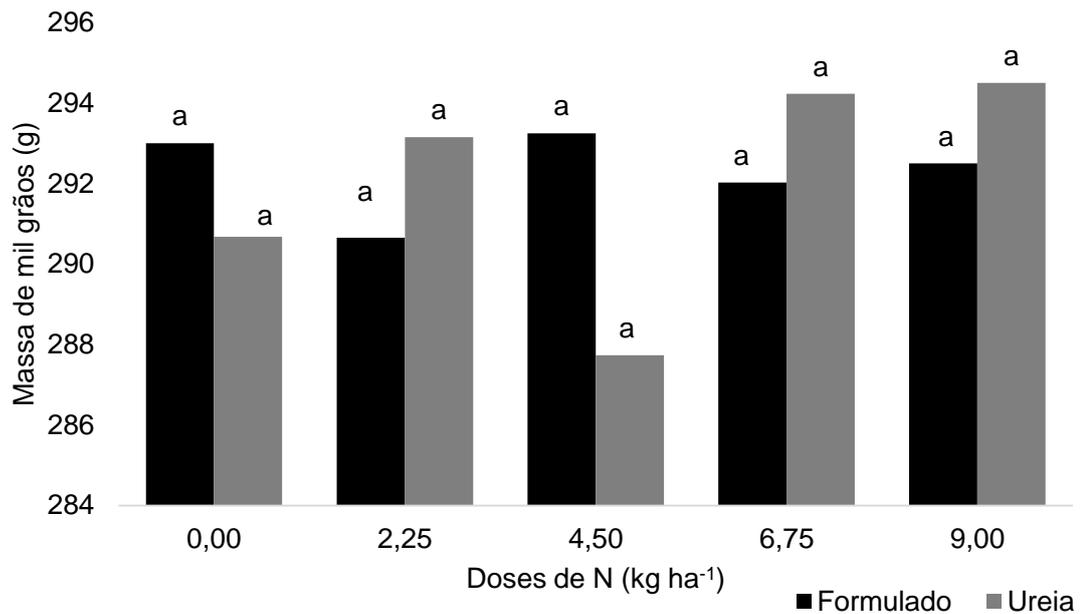


FIGURA 8 – Massa de mil grãos para o híbrido P30F53® submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área B, em Palotina – PR. CV = 1,84 %. Letras iguais no gráfico não diferem significativa entre si pelo teste de média Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Esse aumento na massa de 1000 grãos, foi contrário ao encontrado por Casagrande e Fornasieri Filho (2002), que verificaram que a adubação nitrogenada não causou influência. Biscaro *et al.* (2011), inferiram que o número de grãos por espiga e massa de grãos são componentes que estão relacionados diretamente com a produtividade de grãos, e provavelmente ao maior teor de N nas folhas, conduzindo a um maior enchimento de grãos, o que é contrário ao observado neste trabalho.

Ainda neste contexto, está reduzida massa de 1000 grãos para ureia na dose de 4,5 kg ha<sup>-1</sup>, pode ter relação com a produtividade, pois a maior média de produtividade foi justamente nessa dose, possivelmente houve um grande número de grãos, pois a aplicação ocorreu em época de definição do potencial produtivo, e os grãos apresentarem menor massa, pode relacionar-se ao fato dos fotoassimilados serem distribuídos a este maior número de drenos.

A produtividade, observada na FIGURA 9, para a fonte ureia foi possível ajustar um modelo de regressão quadrática a 10% de probabilidade, com o ponto máximo de absorção na dose 4,80 kg ha<sup>-1</sup> de N e produtividade de 9966 kg ha<sup>-1</sup>. Ou seja, o incremento em produtividade foi de 6,5% quando relacionada a dose 0 kg ha<sup>-1</sup>.

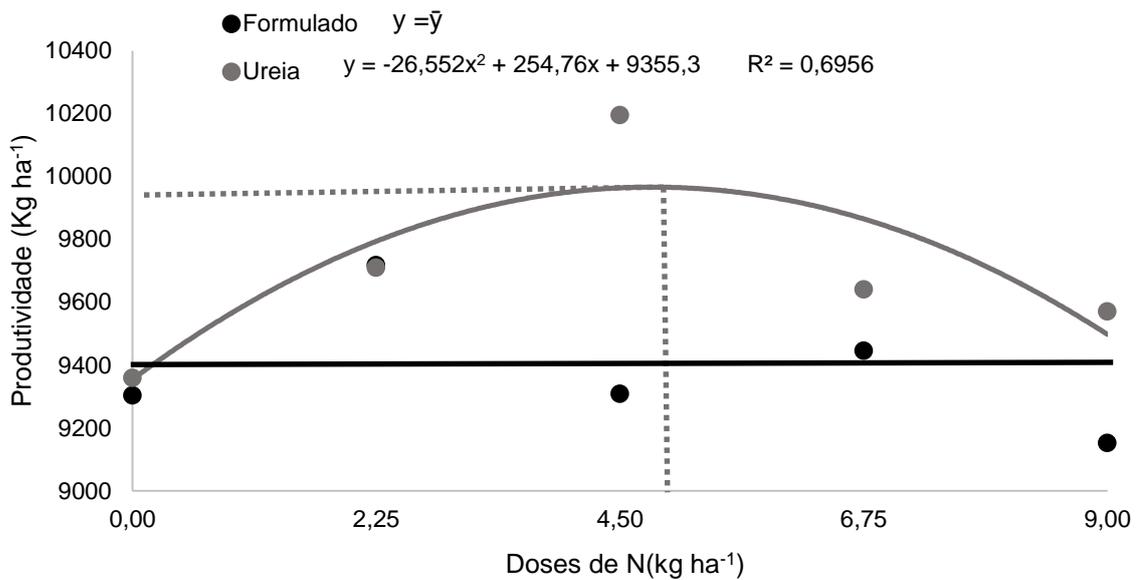


FIGURA 9 - Produtividade para o híbrido P30F53<sup>®</sup> submetido a aplicação de duas fontes e cinco doses de nitrogênio via foliar, na área B, em Palotina –PR. CV = 6,86%.

A menor média de produtividade em números absolutos ocorreu na dose de 9 kg ha<sup>-1</sup>, e esta redução pode ser explicada pelo dano foliar do cloreto de potássio (observado a campo) que pode ter afetado o desenvolvimento das plantas, dano este observado através da clorose nas folhas.

O N desempenha importante papel como constituinte essencial dos aminoácidos, principais integrantes das proteínas. Assim, como a formação dos grãos depende de proteínas na planta, a massa dos grãos e a produtividade estão diretamente relacionadas com o suprimento de N (BELOW, 2002). Segundo Ohland *et al.* (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos; é resultado da interação entre o genótipo da planta e o ambiente em que ela está condicionada.

Para os dois experimentos, na fonte formulado, a maior produtividade foi na dose de 2,25 kg ha<sup>-1</sup>. Contudo, os experimentos ocorreram em área diferentes e como já citado, arranjo espacial diferenciado, portanto não optou-se por comparar os resultados por meio de análise conjunta, apenas inferir suposições sobre os resultados e as peculiaridades envolvidas em cada área.

Sendo assim, comparando em um panorama geral o comportamento das variáveis dentro dos experimentos, ressaltando a diferença no arranjo espacial, observa-se que para o formulado, em ambos os experimentos, para variável altura, o

comportamento foi similar, mas para a ureia, o comportamento de altura de plantas foi inverso e possivelmente isso esteja ligado ao espaçamento entre linhas.

No experimento 1 havia o espaçamento de 0,9 metros, e no experimento 2 o espaçamento de 0,5 metros; e o espaçamento pode interferir diretamente no porte das plantas e em outras características, em cultivos com menor espaçamento entre linhas há uma melhor distribuição de plantas, e isso pode favorecer para redução na competição entre plantas, entre linhas; como visualizado já na década de 70, Mundstock (1977) constatou aumentos na ordem de 5-10% em produtividade de milho, com uso de espaçamentos menores (0,5 e 0,7m) que os convencionalmente utilizados (0,8 a 1,0m). Esse aumento no rendimento pode ser explicado pela otimização da interceptação da radiação solar incidente e da melhoria na eficiência desta, na fotossíntese, pois a atividade fotossintética das plantas resulta na conversão da energia solar em energia química, essencial para a produção vegetal (ARGENTA *et al.*, 2001). A redução da entrelinha resultou em valores satisfatórios de produtividade, para diferentes autores (DEMÉTRIO *et al.*, 2008; MODOLO *et al.*, 2010), em experimentos sob condições diferentes, reafirmando a influência do espaçamento para o desenvolvimento da cultura.

Considerando que foi realizada a adubação no plantio, que ambas as áreas de produção possuem solo fértil (Latosolo Vermelho eutroférico), os produtores realizam análises de solo e correção das áreas com regularidade. Em consonância com Amado *et al.* (2002), para o dimensionamento das adubações para uma cultura, deve-se, sempre que possível, considerar, além da meta de rendimento de grãos, o histórico da área, os aportes de nutrientes pelos resíduos da cultura anterior, o teor de matéria orgânica do solo, o uso de adubos verdes, o tipo e a quantidade de palhada presente, mas isso ainda é pouco feito com regularidade.

Além disso, nas áreas está implantando o sistema de plantio direto consolidado, e assim tem teores de matéria orgânica altos, apesar de bem distinto entre as áreas. Neste contexto, acredita-se que haja nitrogênio disponível no solo, e mesmo o milho sendo uma cultura com elevada extração nitrogenada, parte desta necessidade pode ter sido fornecida pelo sistema. Segundo Raji (2001), com a adoção da prática de sistema de plantio direto, que mantém o solo coberto com vegetação viva ou morta, quando realizada de maneira adequada, com rotação de culturas, pode haver acúmulo de matéria orgânica e conseqüentemente, melhor liberação de carbono e nitrogênio do solo.

Ainda, na área 2, a semeadura do milho ocorreu sobre palhada de trigo e na área 1 a semeadura foi sobre palhada de aveia preta, que foi cultivada para fins de cobertura de verde (não foi colhida), a cultura antecedente pode ter grande impacto sobre o cultivo, pois algumas culturas disponibilizam maiores quantidade de nutrientes, enquanto outras, são mais extratoras. É comum a utilização de leguminosas como cultura de cobertura, entretanto, o emprego de gramíneas pode amenizar a perda de N, mediante a reciclagem e imobilização em sua fitomassa, pela sua baixa taxa de decomposição, favorecida pela relação C/N alta, e também, confere cobertura mais prolongada do solo (LARA CABEZAS *et al.*, 2004; PERIN *et al.*, 2004).

Conclusivamente, para o exposto, a resposta a adubação nitrogenada, possivelmente seria maior em condições diferenciadas com relação a ciclagem de nutrientes, em especial de N, pois ambas as áreas apresentam bons manejos nutricionais, são áreas agrícolas bastante estabilizadas, e a aplicação de nitrogênio foliar, que tem por finalidade atender uma demanda suplementar, neste caso não foi imprescindível, mas de nenhum modo fica evidente que esta aplicação seja desnecessária, ou seja, pode ser uma alternativa.

Conforme Kappes *et al.* (2013), o conhecimento sobre as situações nas quais os fertilizantes foliares podem complementar os fertilizantes aplicados via solo, visando aumento da eficiência de uso do nutriente, da produtividade e lucratividade, ainda são restritos.

Inclusive pelas condições já citadas das áreas, em ambos os experimentos não foi realizada aplicação nitrogenada em cobertura, e a aplicação foliar pode ser um manejo alternativo, mas não substitutivo, que pode ter custo reduzido se for viável a aplicação junto com uma pulverização de defensivo.

No trabalho de Deuner *et al.* (2008) os autores concluíram que a aplicação de nitrogênio foliar pode ser uma maneira eficiente para complementar o absorvido pelas raízes, mas concordam que não deve ser utilizada como única forma de fornecimento de nitrogênio às plantas e ainda, que deve-se atentar para a concentração a ser utilizada.

Em conformidade com isso, Benett *et al.* (2011) retrata a aplicação de nitrogênio foliar como uma prática que consiste da utilização de ureia (ou outra fonte) diluída em água e aplicada em sistema de pulverização, e que nesse procedimento, a absorção foliar de nitrogênio é mais eficiente, pois se utilizam de pequenas

quantidades por hectare de nitrogênio devido à maior absorção e reduzindo as perdas por lixiviação e volatilização também.

Quanto às possibilidades de fitointoxicação e injúrias foliares, Rosolem *et al.* (1983) retratam que manejando-se corretamente a solução e adequando-se o equipamento, reduzindo o volume de solução aplicado, é possível que mesmo com significativo aumento na concentração da mesma, não haja danos às folhas.

Além disso, o produto utilizado (o formulado) possui caráter inovador e necessita muitos estudos, mais aprofundados e com variáveis mais específicas, a fim de permitir posicionamento para áreas sob diferentes condições e definir quais os melhores posicionamentos para maior eficiência do uso deste formulado.

Finalmente, por motivo já explicitados, serão necessários novos estudos, em áreas diversas, com variações de fontes, doses e épocas de aplicação, além do parcelamento da dose do nitrogênio via foliar para que se solidifique os resultados desta aplicação sobre a cultura do milho. Especialmente para o formulado devido a representar uma inovação e para a ureia pois os resultados encontrados na literatura são variados.

## 4 CONCLUSÕES

A aplicação de compostos nitrogenados via foliar na cultura do milho provoca alterações nos caracteres morfológicos e nos componentes de rendimento da cultura, e que a fonte que apresenta maiores respostas em produtividade foi a ureia.

## REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P. (2009). **Biorregulador no desempenho agrônômico, econômico e na qualidade de sementes de soja**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 100 p., 2009.
- ALMEIDA, A. C. S.; VELINI, E.; ROSOLEM, C. A. Aplicação foliar de uréia em feijoeiro: tensão superficial das soluções, ângulos de contato e área de molhamento. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu, 1998. **Resumos ...** Caxambu: UFLA/SBCS, 1998. p.145.
- ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2005.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n.1, p. 241-248, 2002.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1643-1651, 2003. Edição especial.
- ARGENTA, G.; SILVA P. R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.
- BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim-tanzânia

em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p. 879-885, 2003.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 829-838, 2011.

BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; RANZI, R.; VAZ, M. A. B.; PRADO, E. A. F.do.; SILVEIRA, B. L. R. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 10-19, 2011.

BOARETTO, A. E. NETO, P.S.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O. Fertilização foliar de nitrogênio para laranjeira em estágio de formação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p. 621-626, 1999.

BONO, J.; RODRIGUES, A.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J.; YAMAMOTO, C.; CHERMOUTH, K.; FREITAS, M. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Agrarian**, v.1, n.2, p. 91-102, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 1 ed. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 398p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.122, p.12-14, 2008.

CARVALHO, S.J.P.; DIAS, A.C.R.; SHIOMI, G.M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Adição simultânea de sulfato de amônio e ureia à calda de pulverização do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.3, p. 575-584, 2010.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.1, p.33-40, 2002.

CHEN, Y.; CHING, T. M. Induction of barley leaf urease. **Plant Physiology**, v. 86, n. 3, p. 941-945, 1988.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHÃES, P.C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p.131-157.

COELHO, A. M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Produtividade do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 101, p. 1-12, 2003. Encarte técnico.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; COSTA, K.A. de P.; ARAUJO, J.L.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. de; FIGUEIREDO, F.C.; GOMES, K.W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, v.38, n. 4, p.1162-1166, 2008.

DA ROS, C.O.; AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia com aplicação de ureia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.4, p. 799-805, 2005.

DECHEN, A.R; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.327-354.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DEUNER, S.; NASCIMENTO, R.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. Adubação foliar e via solo de nitrogênio em plantas de milho em fase inicial de desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1359-1365, 2008.

DOMENICI, P. **Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) a adubação nitrogenada em sistema de plantio direto, sob pivô central**. 21p. (Trabalho de graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2000.

DURIGAN, J. C. Efeito de adjuvantes na calda e no estágio de desenvolvimento das plantas, no controle do capim-colonião (*Panicum maximum*) com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 10, n. 1/2, p. 39-44, 1992.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Ed. Plantas, 2004. 403 p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007.

FACRE, W.R. Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro. **Informações Agronômicas**, n. 120, p. 5-6, 2007.

FAGERIA, N. K. Avaliação de genótipos de arroz na eficiência de uso de zinco. **Scientia agricola**, v.58, n. 3, p.623-626, 2001.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de trigo**: algumas considerações para o setor, 2003, 23p. Disponível em: <[www.conab.gov.br/download/cas/especiais/trigo-SEMENTE.pdf](http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/trigo-SEMENTE.pdf)>. Acesso em: 08/09/2003.

FALKER. Parâmetros de ICF na cultura do milho. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/download.php>>. Acesso em: 11/06/2015.

FANCELLI, A. L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento**. Piracicaba, Departamento de Produção Vegetal. São Paulo: ESALQ/USP, 2003, 9p.

FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Eds.). **Milho**: Estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: ESALQ, 2003. p.174-197.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FELICIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O; GERMANI, R.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; JUNIOR, A. P. Influência do ambiente no rendimento e na qualidade de grãos de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 111-120, 2001.

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

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L. Percentagem de recuperação de nitrogênio pelo milho, para diferentes doses e parcelamentos do fertilizante nitrogenado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 285-296, 2007.

FERRAZ, C. A. M., FUZATTO, M. G., GRIDI-PAPP, I. L. Dados preliminares sobre o emprego de adubos minerais nitrogenados em pulverização foliar do algodoeiro. **Bragantia**, São Paulo, v. 28, n. único, p. 33-36, 1969.

FIGUEIREDO, C. C. de; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

FREIRE, F. M.; VASCONCELLOS, C. A.; FRANÇA, G. E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49-62, 2001.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 134 p.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K .L. (2000) **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands: Wageningen Pers. 353 p.

HERNANI, L. C. Sistemas de produção 1: cultivo do milho. **Brasília: Embrapa CNPMS**. 2007.

HINSVARK, O. N.; WITTEWER, S. H.; TUKEY, H. B. The metabolism of foliar-applied urea. I. Relative rates of C<sup>14</sup>O<sub>2</sub> production by certain vegetable plants treated with labeled urea. **Plant Physiology**, Rockville, v. 28, n. 1, p. 70-76, 1953.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J.P.; BEM, E. A. D.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

LANA, M.C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.

LARA CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, 2004.

MACHADO, L.T.; SODEK, L.; DOBEREINER, J.; REIS, V.M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho nitroflint. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 33, n. 6, p. 961-970, 1998.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. Circular Técnica n.76.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, 251p.

MAZARELI, R.C.S., BARROS, P.C., AGUILAR, J.V., FERREIRA, T.C., CAMARGOS, L.S. Caracterização inicial do metabolismo de nitrogênio em *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC em resposta a presença de amônio. **Revista Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 2. p. 21-27, 2013.

MEIRA, F.D.A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.D.; ANDRADE, J.A.D.C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MELARATO, M. Micronutrientes no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO

DIRETO, 1., 2000, Ponta Grossa. **Anais ... Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p.161- 174.**

MELHORANÇA, A. L., *et al.* Cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção 1. Versão eletrônica, 6ª edição. 2010.**

MENDES, M. C.; ROSSI, E. S.; FARIA, M. V. ALBUQUERQUE, C. J. B.; ROSÁRIO, J. G. do. Efeitos de níveis de adubação nitrogenada e densidade de semeadura na cultura do milho no Centro-sul do Paraná. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 176-192, 2011.**

MENEZES, M. J. T. **Eficiência agrônômica de fontes nitrogenadas e de associações de fertilizantes no processo de diferimento de *Brachiaria brizanta* cv. Marandu.** 2004.113 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** 5. ed. London: Kluwer Academic, 2001. 849p.

MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na região sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Agrônômica, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.**

MUNDSTOCK, C.M. Milho: distribuição da distância entre linhas. **Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, n. 299, p. 28-29, 1977.**

NICOULAUD, B. A. L.; BLOOM, A. J. Absorption and assimilation of foliarly applied urea in tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science, v. 121, p. 1117–1121, 1996.**

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.**

OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.**

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; Moreira, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n. 2, p.358-364, 2008.

PETROBRAS. Fatos e Dados. Entenda por que investimos em fertilizantes. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/entenda-por-que-investimos-em-fertilizantes.htm>>. Acesso em 26/03/15.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2011, 420p.

RAMBO, L; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetro de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, 2004.

RHODEN, A.C.; SILVA, L.S.D.; CAMARGO, F.A.D.O.; BRITZKE, D.B.; BENEDETTI, E.L. Mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1780-1787, 2006.

RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2213-2222, 2000.

RODRIGUES, M. A. C.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 127–133, 2014.

ROSOLEM, C. A.; SILVÉRIO, J. C. O.; MACHADO, J. R. Adubação foliar do algodoeiro II. Efeitos de NPK e micronutrientes em função do preparo solo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 37-44, 1983.

ROSOLEM, C.A.; BARRETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Absorção de Uréia Via Foliar Pelo Algodoeiro em Função do pH da Solução. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 491-497, 1990.

SAIKIA, S.P.; JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable Target or a dogma? **Current Science**. Bangalore. v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 151-154, 2000.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.da; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n.4, p. 511-518, 2010.

SOUZA, A. C. *et al.* Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agrônômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, 2001.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S. FILHO, M. C. M. T.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E. de.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. IX – Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.215-252.

TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e Fertilidade do solo**. 6.ed. São Paulo: Organização Andrei, 718p, 2007.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S. BENETT, C.S.B.; ANDREOTTI, M.; FILHO, M.C.M.T. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VENKATESAN, S.; GANAPATHY, M. N. K. Nitrate reductase activity in tea as influenced by various levels of nitrogen and potassium fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.35, n. 9-10, p.1283-1291, 2004.

WITTE, C. P. *et al.* Leaf urea metabolism in potato. Urease activity profile and patterns of recovery and distribution of <sup>15</sup>N after foliar urea application in wild-type and urease antisense transgenic. **Plant Physiology**, Rockville, v. 128, n. 3, p.1129-1136, 2002.

WITTWER, S. H.; BUKOVAC, M. J.; TUKEY, H. B. Advances in foliar feeding of plant nutrients. In: McVICKAR, M. H.; BRIDGER, G. L.; NELSON, L. B. (eds.). **Fertilizer technology and usage**. Madison: American Society Agronomy, 1963. p. 429-455.

YAMADA, Y.; WITTWER, S. H.; BUKOVAC, M. J. Penetration of organic compounds through isolated cuticular membranes with special reference to C14 urea. **Plant Physiology**, Rockville, v. 40, n. 1, p. 170-175, 1965.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.