

UNIVERSIDADE BRASIL
CURSO DE AGRONOMIA

**EFEITO DA UREIA PROTEGIDA NO DESENVOLVIMENTO E ABSORÇÃO
DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO**

EFFECT OF UREA PROTECTED ON NITROGEN ABSORPTION AND
DEVELOPMENT IN MAIZE

Hilton Valério Junior

DESCALVADO

2016

HILTON VALÉRIO JUNIOR

**EFEITO DA UREIA PROTEGIDA NO DESENVOLVIMENTO E ABSORÇÃO
DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO**

Orientadora: Prof.^a Dra Valéria Peruca de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em Agronomia.

DESCALVADO

2016

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do Aluno

Descalvado, 01 de Dezembro de 2016.

Dedico este trabalho aos meus amados e estimados pais, Hilton e Véra, e aos meus familiares.

Agradecimentos

Agradeço à Deus, que tornou possível toda essa trajetória, na qual muitas vezes, em momentos de fraqueza eu busquei e consegui forças, mostrando-me que é possível chegar aonde nunca pensei chegar.

Aos meus pais e à minha irmã, que com muito carinho não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

À minha orientadora Prof.^a Dra Valéria Peruca de Melo, pela oportunidade e orientação suprema, paciência, amizade, e que confiou em mim para a realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo e à minha amiga Camila Machado, que tiveram papel de extrema importância neste trabalho.

À todos os professores que foram muito importantes na minha vida acadêmica.

À todos os meus amigos de classe, e em especial ao meu grupo de estudos, pelo companheirismo, amizade e dedicação.

À Universidade Camilo Castelo Branco e todos os funcionários que colaboraram para essa minha realização.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma neste trabalho e sempre estiveram torcendo por mim, o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVO.....	02
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
3.1 Aspectos Gerais da Cultura do Milho.....	02
3.2 Importância do Nitrogênio no Cultivo do Milho.....	05
3.3 Fertilizantes Nitrogenados.....	07
3.3.1 Sulfato de Amônio.....	08
3.3.2 Ureia.....	08
3.3.3 Ureia Protegida.....	08
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	09
4.1 Local do experimento.....	09
4.2 Solo.....	10
4.3 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	10
4.4 Instalação e condução do experimento.....	11
4.5 Análise estatística.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
6. CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAS	Dias Após a Semeadura
EUN	Eficiência de Uso do Nitrogênio
mg	Miligramas
KCl	Cloreto de Potássio
K₂O	Óxido de Potássio
kg	Quilogramas
N	Nitrogênio
NH₃	Amônia
NH₄⁺	Íon Amônio
NO₂⁻	Íon Nitrito
NO₃⁻	Íon Nitrato
N₂O	Óxido Nitroso
N₂	Gás Nitrogênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
P₂O₅	Pentóxido de Fósforo
SS	Superfostato Simples

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Os múltiplos usos do milho (planta, espiga e grão) no Brasil	03
Tabela 2. Resultado da análise granulométrica do solo utilizado no experimento	10
Tabela 3. Resultado da análise química do solo utilizado no experimento.....	10
Tabela 4. Valores médios e resumo estatístico para matéria fresca (MF) da parte aérea e da raiz, de clorofilas A e B e Índice de área foliar (IAF) de plantas de milho submetidas ao cultivo em solo com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo do Nitrogênio	06
Figura 2. Vasos utilizados	10
Figura 3. Semente de milho híbrido 2B633 utilizado no experimento	11
Figura 5. Adubação de cobertura	12
Figura 6. Amostra de solo 60 DAS	13
Figura 7. Planta de milho aos 60 DAS	13
Figura 7. Pesagem das amostras para determinação de MS	14
Figura 8. Moagem das amostras	15
Figura 9. Folhas fotossinteticamente ativas destacadas das plantas para serem desenha-das em <i>papel kraft</i>	15
Figura 10. Corte de discos de <i>papel kraft</i> com 1 cm de diâmetro para conversão do peso das folhas desenhadas em área	16
Figura 11. Clorofilômetro utilizado na determinação das clorofilas a e b	17

EFEITO DA UREIA PROTEGIDA NO DESENVOLVIMENTO E ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da utilização de ureia protegida em comparação a outras fontes de N no desenvolvimento e absorção do nutriente por plantas de milho (*Zea mays* L.), o experimento foi instalado em estufa, nas dependências da Universidade Camilo Castelo Branco, Campus de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 6 repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos avaliados foram T1 (testemunha, sem aplicação de N em cobertura), T2 (aplicação da dose de nitrogênio recomendada para cobertura em aplicação única, aos 30 dias após semeadura (DAS), na forma de sulfato de amônio), T3 (aplicação da dose de nitrogênio recomendada para cobertura em a aplicação única, na forma de ureia convencional) e T4 (aplicação da dose de nitrogênio recomendada para cobertura em dose única, na forma de ureia protegida). Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos sem aplicação (T1), com aplicação de ureia protegida (T2), sulfato de amônio (T3) e ureia convencional (T4) na produção de matéria verde, clorofilas A e B e índice de área foliar.

Palavras-chaves: fertilizantes nitrogenados, ureia protegida *Zea mays* L.

EFFECT OF UREA PROTECTED ON NITROGEN ABSORPTION AND DEVELOPMENT IN MAIZE

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of using urea protected compared to other nitrogen sources in the development and nutrient uptake by maize plants (*Zea mays* L.), the experiment was conducted in greenhouse, on the premises of the University Camilo Castelo Branco, Campus Descalvado, São Paulo, Brazil, using a completely randomized experimental design with 4 treatments and 6 repetitions, totaling 24 experimental units. The treatments were T1 (control without N application coverage), T2 (application of nitrogen dose recommended for single application coverage, 30 days after sowing (DAS) in the form of ammonium sulfate), T3 (application the recommended dose for nitrogen coverage in a single application in the form of conventional urea) and T4 (application nitrogen recommended dose for single dose coverage in the form of protected urea). There was no significant difference between treatments without application (T1), with protected urea application (T2), ammonium sulfate (T3) and conventional urea (T4) in the production of green matter, chlorophyll A and B and leaf area index.

Keywords: nitrogen fertilizers, protected urea, *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

Em uma economia globalizada e de alta competitividade, a busca por maior eficiência na produção agrícola tem sido constante em toda cadeia produtiva. Isso é principalmente importante para o agricultor, que tem por objetivo obter a máxima produtividade com o menor custo de produção para que o mesmo se torne competitivo e sustentável (CRUZ et al., 2009).

A cadeia produtiva do milho é um dos segmentos econômicos mais importantes do agronegócio brasileiro. Considerando apenas a produção primária, o milho responde por cerca de 37% da produção nacional de grãos. Ao mesmo tempo, é insumo básico para a avicultura e suinocultura, dois setores extremamente competitivos em nível internacional e grandes geradores de receitas, via exportação (BRASIL, 2007).

A alta produtividade é um dos objetivos mais almejados pelos agricultores, principalmente para a cultura do milho, em que o custo de produção vem subindo significativamente nos últimos anos. Para obter altas produtividades e rentabilidade, o agricultor tem que realizar um planejamento de sua lavoura e fazer uso de altas produtividades na cultura do milho é consequência de altas adubações tanto no plantio como em cobertura, comprovando que o milho é uma cultura muito exigente e muito responsiva a adubações e que sua alta produtividade está diretamente ligada a um correto método de adubação (CRUZ et al., 2009).

Segundo Lemaire & Gastal (1997) citados por Araújo et al. (2004), o N é o elemento exigido em maior quantidade pelo milho, e é o que mais frequentemente limita a produtividade de grãos. Porém, o nitrogênio é um elemento muito complexo e de difícil manejo nos sistemas de produção agrícola devido às diversas reações químicas e biológicas que ele sofre no ambiente. O uso racional da adubação nitrogenada é essencial, não somente para aumentar a eficiência de recuperação, mas também para aumentar a produtividade da cultura e diminuir o custo de produção (FAGERIA et al., 2007).

Segundo Cantarella & Marcelino (2007), no Brasil os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são ureia, nitrato de amônio e o sulfato de amônio. Do ponto de vista agrícola, a ureia apresenta algumas vantagens tais como menor preço por unidade de N, alta concentração de N - que reduz o custo de transporte e da aplicação - alta solubilidade, menor corrosividade, compatibilidade com um grande número de outros fertilizantes e defensivos e alta taxa de absorção foliar. A principal desvantagem da ureia é a

possibilidade de altas perdas de N por volatilização de NH_3 . Contudo, várias modificações têm sido feitas em fertilizantes contendo ureia a fim de reduzir as perdas por volatilização e aumentar a eficiência de uso da ureia.

Diante desse contexto, a utilização de tecnologias agregadas, como o uso de ureia revestida com polímeros, pode reduzir as perdas de N_2 nos sistemas agrícolas e melhorar a dinâmica desse nutriente no sistema solo-planta (BATISTA et al., 2011).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de ureia protegida em comparação a outras fontes de N no desenvolvimento e absorção do nutriente por plantas de milho (*Zea mays* L.).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A Cultura do Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta da família Poaceae, originária da América Central, sendo cultivada em praticamente todas as regiões do mundo, nos hemisférios norte e sul, em climas úmidos e regiões secas. Trata-se de um alimento rico em carboidratos, considerado como energético; é também fonte de óleo, fibras, vitaminas E, B1, B2 e ácido pantotênico, além de alguns minerais, como o fósforo e o potássio (MATOS et al., 2006). A composição média do grão de milho, com base em seu peso seco é de 73% amido, 10% proteína, 4,0 a 4,8% lipídios, 15% água, além de açúcares, fibras, minerais e vitaminas (MUNDSTOCK & BREDEMEIER, 2006).

O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, sendo que quase 92% da produção concentraram-se, na safra 2011/12, nas regiões Sul (32,23% da produção), Sudeste (17,73% da produção) e Centro-Oeste (41,76 da produção). A participação dessas regiões em área plantada e produção vem se alterando ao longo dos anos, com a região Centro-Oeste aumentando a sua participação em detrimento das regiões Sul e Sudeste (MIRANDA et al., 2012).

A produção de milho no Brasil tem se caracterizado pela divisão em duas épocas de plantio. Os plantios de verão, ou primeira safra, são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região Sul até os meses de outubro/novembro no Sudeste e Centro-Oeste (no Nordeste este período ocorre no início do ano). Mais recentemente, tem aumentado a produção obtida na chamada "safrinha", ou segunda safra. A "safrinha" se refere ao milho de sequeiro, plantado extemporaneamente, em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo.

Na safra de 2013, o Brasil produziu 80,27 milhões de toneladas (IBGE, 2015), a safra 2014/15 teve aumento de cerca de 6% em relação à safra passada (80 para 85 milhões de toneladas), destaque para o milho segunda safra, que tem se tornado a principal safra para essa cultura, na qual foram observadas produtividades recordes em algumas regiões do país (CONAB, 2015).

O milho se caracteriza por se destinar tanto para o consumo humano como por ser empregado para alimentação de animais. Em ambos os casos, algum tipo de transformação industrial ou na própria fazenda pode ser necessária. Um resumo de possíveis utilizações do milho pode ser encontrado na Tabela 1 (MIRANDA et al., 2012).

Tabela 1. Os múltiplos usos do milho (planta, espiga e grão) no Brasil.

Destinação	Forma/Produto Final
Uso Animal Direto	Silagem; Rolão; Grãos (inteiro/desintegrado) para aves, suínos e bovinos.
Uso Humano Direto de Preparo Caseiro	Espiga assada ou cozida; Pamonha; Curau; Pipoca; Pães; Bolos; Broas; Cuscuz; Polenta; Angus; Sopas; Farofa.
Indústria de Rações	Rações para aves (corte e postura); outras aves; Suínos; Bovinos (corte e leite); Outros mamíferos.
Indústria de Alimentos Produtos Finais	Amidos; Fubás; Farinhas comuns; Farinha pré-cozidas; Flocadas; Canjicas; Óleo; Creme; Pipocas; Glicose; Dextrose.
Intermediários	Canjicas; Sêmola; Semolina; Moído; Granulado; Farelo de germe.
Xarope de Glucose	Balas duras; Balas mastigáveis; Goma de mascar; Doces em pasta; salsichas; salames; Mortadelas; Hambúrgueres; Outras carnes processadas; Frutas cristalizadas; Compotas;

	Biscoitos; Xaropes; Sorvetes; Para polimento de arroz.
Xarope de Glucose com alto teor de maltose	Cervejas
Corantes Caramelo	Refrigerantes; Cervejas; Bebidas alcoólicas; Molhos.
Maltodextrinas	Aromas e essências; Sopas desidratadas; Pós para sorvetes; Complexos vitamínicos; Produtos achocolatados.
Amidos Alimentícios	Biscoitos; Melhoradores de farinhas; Pães; Pós para pudins; Fermento em pó; Macarrão; Produtos farmacêuticos; Balas de goma.
Amidos Industriais	Para papel; Papelão ondulado; Adesivos; Fitas Gomadas; Briquetes de carvão; Engomagens de tecidos; Beneficiamento de minérios.
Dextrinas	Adesivos; Tubos e tubetes; Barricas de fibra; lixas; Abrasivos; Sacos de papel; multifolhados; Estampagem de tecidos; Cartonagem; Beneficiamento de minérios.
Pré-Gelatinizados	Fundição de peças de metal.
Adesivos	Rotulagem de garrafas e de latas; Sacos; Tubos e tubetes; Fechamento de caixas de papelão; Colagem de papel; madeira e tecidos.
<u>Ingredientes Protéicos</u>	<u>Rações para bovinos; suínos; aves e cães.</u>

Fonte: Jornal Agroceres (1994) citado por Miranda et al. (2012)

As principais utilizações do milho no mundo são as atividades de criação de aves e suínos. Existem previsões de que a demanda mundial de carnes continue crescendo e estimativas apontam um consumo superior a 110 milhões de toneladas de carne suína e quase 70 milhões de toneladas de carne de frango, até o ano de 2015 (MIRANDA et al., 2012).

Dada a contínua tendência de crescimento demográfico, além de mudanças econômicas e dos padrões de consumo nos mercados nacional e internacional, incluindo o crescimento de setores vinculados à produção de grãos, verifica-se uma demanda crescente pelo aumento de produção nacional e mundial de milho (LANDAU et al., 2015).

3.2 Importância do Nitrogênio no Cultivo do Milho

O nitrogênio é um nutriente muito importante para todos os organismos vivos da Terra, sendo, muitas vezes, o que mais limita a produtividade dos cultivos agrícolas. Está presente em inúmeras moléculas orgânicas complexas e exerce papel extremamente importante no metabolismo das plantas (MALAVOLTA & MORAES, 2007).

Uma das variáveis determinantes da produção é a obtenção e o fornecimento de nutrientes para a cultura, dentre os quais se destacam o nitrogênio, por participar da composição dos aminoácidos complexos, proteína, clorofila e muitas enzimas essenciais que estimulam o crescimento e o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular (MALAVOLTA, 2006). Segundo Cantarella (2007), este elemento é empregado em grandes quantidades na agricultura moderna na forma de fertilizantes minerais, representando o nutriente mais caro para a maioria delas.

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se deseja produtividade elevada. Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada da cultura à adubação nitrogenada. Em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação com milho realizados em campo, no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio (COELHO, 2008).

O manejo do nitrogênio tem sido uma das práticas agrícolas mais estudadas no sentido de melhorar a sua eficiência de uso. Essa necessidade existe porque a maior parte do nitrogênio do solo se encontra em combinações orgânicas, sendo essa forma indisponível para os vegetais (MALAVOLTA, 2006).

Após seu ciclo de vida, as plantas são decompostas por organismos no solo que buscam energia. Nesse processo, denominado mineralização, o N orgânico, presente nos tecidos vegetais, é transformado em forma inorgânica, mais especificamente em amônio (NH_4^+), o qual pode ser transformado em nitrato (NO_3^-), no processo de nitrificação. Essas duas formas inorgânicas podem voltar ao tecido vegetal por meio do processo de absorção das plantas. O nitrato, sendo mais móvel no ambiente, pode ainda ser lixiviado do solo para as camadas mais profundas e, finalmente, para cursos d'água. Em condições de ausência de oxigênio, o nitrato pode ser desnitrificado, ou seja, passar à forma gasosa, voltando, assim, para a atmosfera. Portanto, existe uma constante reciclagem de N entre as plantas e o solo. Se não houvesse perdas por lixiviação

profunda e desnitrificação, essa ciclagem interna poderia ser mantida indefinidamente (VILLALBA et al., 2014) (Figura 1).

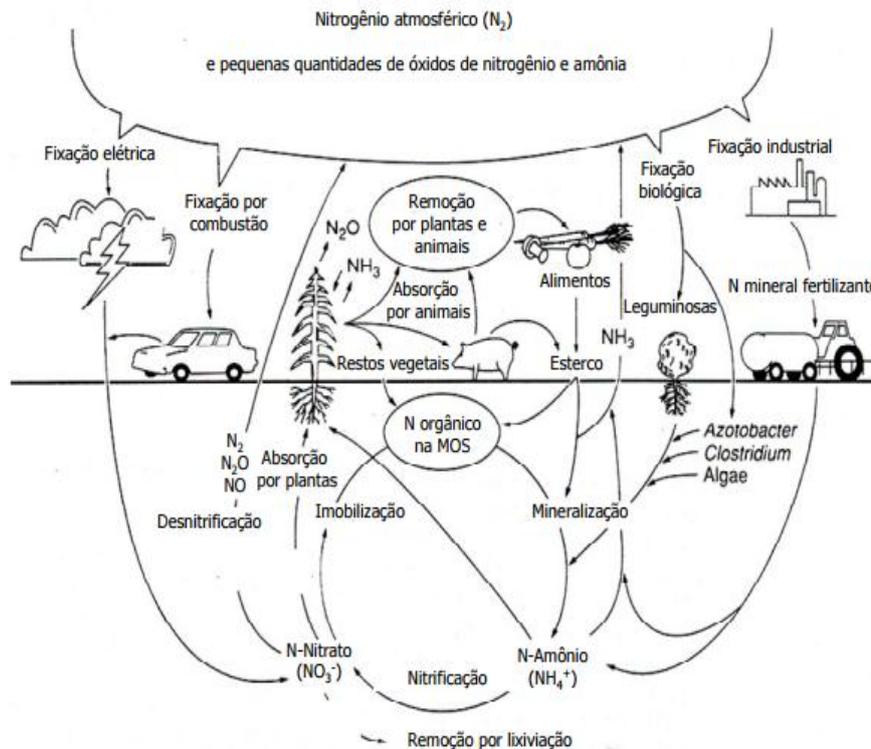


Figura 1. Ciclo do Nitrogênio.
Fonte: Adaptado de Tisdale et al. (2005)

O nitrogênio é o único, entre os nutrientes minerais, que pode ser absorvido pelas plantas em duas formas distintas, tanto na de ânion NO_3^- como na de cátion NH_4^+ . Sabe-se, em relação às formas dos adubos, que o milho prefere os fertilizantes hidrossolúveis, sendo que o íon amônio (NH_4^+) é utilizado preferencialmente nos primeiros estádios de desenvolvimento e o íon nitrato (NO_3^-) nos estádios finais (WARNCKE & BARBER, 1973 apud YAMADA, 1996). O nitrogênio é absorvido pelas plantas de milho, principalmente, na forma nítrica, que posteriormente é reduzida à amônia, num processo onde estão envolvidas duas enzimas, a redutase de nitrato e a redutase de nitrito, sendo que a primeira é responsável pela transformação de nitrato (NO_3^-) em nitrito (NO_2^-) e a segunda pela transformação de nitrito (NO_2^-) em amônio (NH_4^+), para posterior assimilação em aminoácidos. O nitrato é a forma mais absorvida pelas raízes das plantas devido a presença das bactérias nitrificadoras do solo (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*) que costumam oxidar rapidamente a amônia a nitrato (YAMADA, 1996).

O N adicionado na forma de fertilizante ao solo e que não é absorvido pelos vegetais, pode sofrer ação de processos microbiológicos (nitrificação, desnitrificação, imobilização), químicos (trocas, fixação, precipitação, hidrólise) e físicos (lixiviação, volatilização). Todos esses processos afetam a disponibilidade do nutriente para as plantas. O uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados pode resultar em aumento no potencial de perdas, como, por exemplo, lixiviação de NO_3^- , perdas de N_2O , tanto na nitrificação como na desnitrificação, volatilização do NH_3 do solo, perdas gasosas de N do tecido das plantas, entre outras, o que explica a baixa eficiência de uso do nitrogênio (EUN), sendo esta menor com o aumento das doses. Esses fatos podem resultar em baixo desempenho produtivo das culturas e risco de contaminação ambiental, tendo implicações na sustentabilidade dos agroecossistemas (VILLALBA et al., 2014).

3.3 Fertilizantes Nitrogenados

Uma das principais ferramentas do manejo de lavouras para obtenção de altas produtividades é o uso de elevadas doses de fertilizantes, sobretudo no que se refere à adubação nitrogenada em cobertura, sendo o milho altamente responsivo a tal prática. O milho responde progressivamente à utilização de alta adubação, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos, sendo o nitrogênio o nutriente que apresenta maior resposta no incremento do rendimento de grãos (SILVA et al., 2006). A maioria dos fertilizantes nitrogenados é solúvel em água e rapidamente convertida em formas que podem ser perdidas por lixiviação ou volatilização, o que diminui a eficiência de utilização do nutriente pelos cereais (FAN et al., 2004 citados por MARTINS et al., 2014).

Os fertilizantes nitrogenados são utilizados em larga escala na agricultura. Em muitos casos, o uso incorreto pode levar a perdas, tais como: volatilização de amônia, emissão de óxido nitroso (N_2O) e lixiviação de nitrato. Uma das alternativas para aumentar a eficiência de absorção de nitrogênio é o uso de fertilizantes de liberação lenta. Diante desse contexto, a utilização de tecnologias agregadas, como o uso de ureia revestida com polímeros, pode reduzir as perdas de N nos sistemas agrícolas e otimizar a dinâmica desse nutriente no sistema solo-planta (BATISTA, 2011).

O fertilizante aplicado ao solo é, também, envolvido nas várias reações do N no solo. Por isso, na prática, é muito difícil determinar a quantidade exata de N que o milho necessita para atingir a produção máxima econômica, pois sua disponibilidade no solo é um processo dinâmico e varia com as mudanças no teor de umidade e temperatura do solo, tipo de fertilizante, ocorrência de doenças, pragas e plantas daninhas e práticas de

manejo da cultura. Assim, as recomendações de adubação são sempre uma aproximação (YAMADA, 1996).

3.3.1 Sulfato de Amônio

O sulfato de amônio é uma opção como fonte de nitrogênio, que não sofre volatilização de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) quando o pH é inferior a 7. Ao ser adicionado ao solo o sulfato de amônio se dissocia em NH_4^+ e SO_4^{-2} (absorvido pelas plantas). O N amoniacal é oxidado a nitrato (NO_3^-) e há liberação de H^+ no sistema, caracterizando-o como fertilizante acidificante do solo. Outra grande vantagem da utilização do sulfato de amônio em relação a ureia é o fornecimento de enxofre, nutriente de fundamental importância para os processos de fotossíntese, respiração, composição de aminoácidos e proteínas, etc. Porém, o sulfato de amônio tem sua eficiência reduzida basicamente por desnitrificação e lixiviação de nitratos (MEIRA, 2006). Como desvantagem, apresenta, no solo, uma reação fortemente ácida, possui apenas 21% de N, aumentando o custo por unidade de N, ficando maior em relação à ureia (MARTINS et al., 2010).

3.3.2 Ureia

A ureia é o principal fertilizante sólido no mercado mundial. No Brasil esse produto responde por cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados comercializados. Há uma clara preferência da indústria pela fabricação da ureia em comparação com outras fontes sólidas de nitrogênio devido ao menor custo e maior facilidade de produção (CANTARELLA, 2007).

A ureia é a fonte mais empregada em razão do menor preço, menor índice salino/unidade do nutriente entre as fontes mais empregadas e menor custo por unidade de N. No entanto, apresenta como desvantagens uma alta higroscopicidade e maior suscetibilidade a perda por volatilização, principalmente quando aplicado superficialmente no solo (BORGES & SILVA, 2011).

3.3.3 Ureia protegida

Várias estratégias estão sendo desenvolvidas com o intuito de minimizar as perdas de N e aumentar a eficiência da fonte. Dentre estas estratégias, incluem-se o uso de

inibidores de urease (N-(n-butil)tiofosfóricotriamida, NBPT) e de nitrificação, a adição de compostos acidificantes e a dutos de ureia, a incorporação de ureia ao solo e o uso de ureia revestida com polímeros ou gel também conhecidos como fertilizantes de liberação lenta ou controlada (CANTARELLA, 2007).

O inibidor ocupa o local de atuação da urease e inativa a enzima, retardando assim o início e reduzindo o grau de velocidade da volatilização de NH_3 . Este atraso na hidrólise reduz a concentração de amônia na superfície do solo, diminuindo assim a volatilização e permitindo a ureia percolar para horizontes mais profundos no solo. Os inibidores disponíveis hoje retardam em uma ou duas semanas a hidrólise da ureia, período este em que o fertilizante deveria ser incorporado pela água, tanto da chuva como da irrigação. Apesar de não controlar 100% as perdas, é uma alternativa que não pode ser descartada devido a crescente utilização de fertilizantes nitrogenados no mercado, principalmente o da ureia (VIAPIANA, 2014).

Um dos tipos de fertilizante de liberação controlada é composto por grânulos de ureia revestidos por uma ou mais camadas protetoras. Como proteção, dentre outras substâncias, têm sido utilizados polímeros ou resinas permeáveis à água, aplicados em camadas, que, supostamente, regulam o processo de liberação do nutriente contido no interior das camadas protetoras (SILVA et al., 2012).

Viapiana (2014), em seu estudo, indica as possibilidades e as tendências do futuro no que diz respeito à adubação nitrogenada, mostrando a maior eficiência dos fertilizantes de liberação lenta e controlada em relação aos fertilizantes comuns, como a ureia. Estes adubos são uma nova alternativa para minimizar as perdas de N no sistema solo-planta e uma nova estratégia para a semeadura, podendo substituir ou reduzir as aplicações de N em cobertura, desde que sua utilização não esbarre nos altos custos do produto.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do Experimento

O experimento foi instalado e conduzido em estufa, na Universidade Camilo Castelo Branco, Campus de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil (21°54'14" S, 47°37'10" W, altitude 685m, clima subtropical úmido (Cfa), de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger.

4.2 Solo

O solo utilizado foi coletado no município de Descalvado – SP, o qual apresentou a composição granulométrica e os atributos químicos apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Resultado da análise granulométrica do solo utilizado no experimento.

Argila	Silte	Areia			Classe textural
		Fina	Grossa	Total	
		% -----			
21	4	42	33	75	Franco argilo-arenoso

Tabela 3. Resultado da análise química do solo utilizado no experimento.

pH	M.O.	P _{res.}	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
4,4	12	8	0,8	9	1	32	10,4	42,2	25

4.3 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 6 repetições, totalizando 24 unidades experimentais, utilizando-se vasos com capacidade para 11 L preenchidos com 6,5 kg de terra homogeneizada e peneirada até a altura de 2 cm da borda do vaso (Figura 2).



Figura 2. Vasos (11L) utilizados no experimento.
Fonte: Arquivo pessoal

Utilizou-se como planta teste o milho (*Zea mays* L.), híbrido 2B633 (Figura 3). Os tratamentos avaliados foram T1 (testemunha, sem aplicação de N em cobertura), T2 (aplicação da dose de nitrogênio recomendada para cobertura em aplicação única, aos 30 dias após semeadura (DAS), na forma de sulfato de amônio), T3 (aplicação da dose de nitrogênio recomendada para cobertura em aplicação única, na forma de ureia convencional) e T4 (aplicação da dose de nitrogênio recomendada para cobertura em dose única, na forma de ureia protegida).

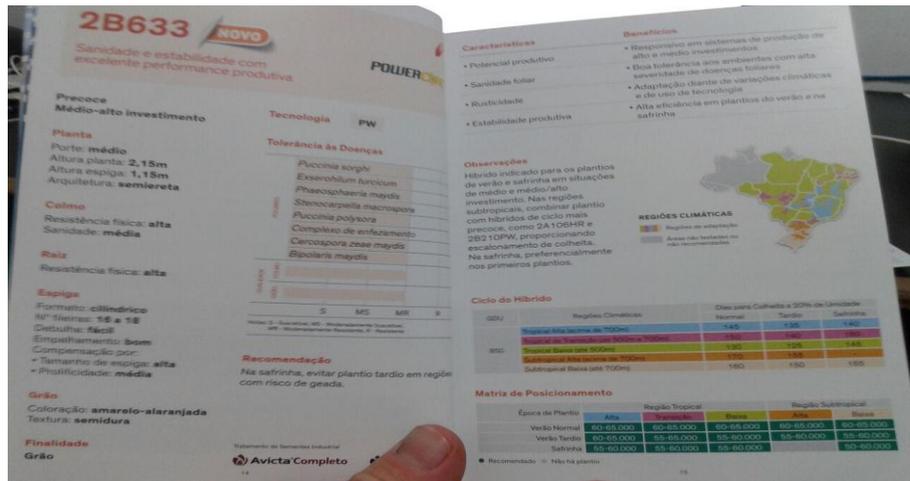


Figura 3. Características do híbrido 2B633 utilizado no experimento.

Fonte: Arquivo pessoal

4.4 Instalação e Condução do Experimento

Os vasos de material plástico, com capacidade de 11 L foram preenchidos com 6,5 kg de terra. Com base na análise de fertilidade calculou-se a adubação de plantio e cobertura segundo recomendação do Boletim Técnico 100 para a cultura do milho (*Zea mays* L.), buscando a produtividade máxima.

A adubação de plantio (Figura 4) foi realizada igualmente em todas as unidades experimentais, aplicando-se 30 kg ha⁻¹ de N (fonte ureia - 45% de N; 0,30 g vaso⁻¹), 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fonte superfosfato simples (SS) - 18% de P₂O₅; 1,40 g vaso⁻¹) e 50 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio (KCl) - 58% K₂O; 0,40 g vaso⁻¹). Procedeu-se a semeadura, inserindo-se 5 sementes por vaso, sendo estes irrigados diariamente com água, de modo a manter o teor de umidade da terra próximo a 50% da capacidade de retenção. Aos 10 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, com o objetivo de conduzir apenas duas plantas por vaso, deixando-se os restos do desbaste picados nos respectivos vasos.

A aplicação da adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 30 DAS, aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de N, sendo que no tratamento testemunha não foi aplicado fertilizante nitrogenado em cobertura. Desta forma, aplicou-se: 1,40 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio (20% N) no tratamento T2, 0,62 g vaso⁻¹ de ureia convencional (45% de N) no tratamento T3 e 1,05 g vaso⁻¹ de ureia protegida (45% de N) no tratamento T4. A diferença de peso entre ureia convencional e protegida deu-se em função do peso adicional devido à aplicação da proteção nos grânulos de ureia. Aos 35 DAS foi necessário realizar adubação fosfatada uma vez que as plantas começaram a desenvolver sintomas visuais de deficiência (arroxamento do caule e das folhas), aplicando-se 200 mL de uma solução de fosfato de potássio (4,25 g L⁻¹) por vaso.



Figura 4. Adubação de plantio.
Fonte: Arquivo pessoal

Amostras de solo foram coletas aos 60 DAS (Figura 5), em cada unidade experimental (vaso), para a realização de análises de N total (Kjehldal), amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻).



Figura 5: Amostra de solo 60 DAS.
Fonte: Arquivo pessoal

Também aos 60 DAS, as plantas foram cortadas rente ao solo, lavadas primeiramente em água corrente e, posteriormente, em água destilada (Figura 6).

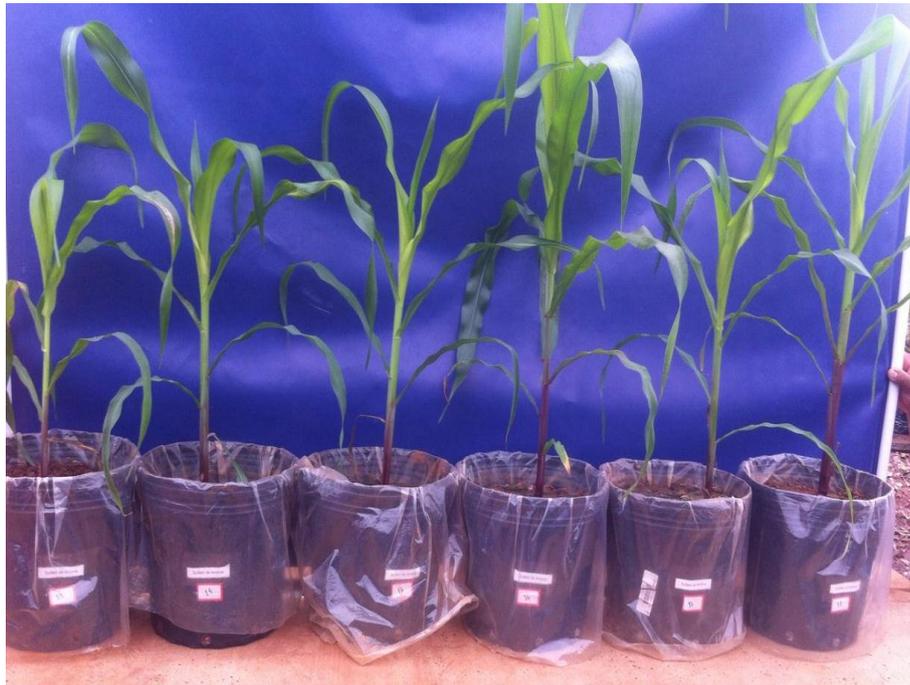


Figura 6: Plantas de milho aos 60 DAS.
Fonte: Arquivo pessoal

Em seguida, as amostras foram então pesadas para determinação da produção de matéria verde (MV) (Figura 7), estas mesmas amostras foram encaminhadas para estufa com circulação forçada de ar e mantidas por 48 h a 60-70°C. As amostras foram então

pesadas para determinação da produção de matéria seca e e na sequência, foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 2 mm de abertura de malha (Figura 8), sendo encaminhadas ao Laboratório de Biogeoquímica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, para determinação do teor total de N na parte aérea, a qual foi realizada por destilação do extrato de digestão sulfúrica e titulação com solução de H_2SO_4 0,02 N.



Figura 7: Pesagem das amostras para determinação de MS.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 8: Moagem das amostras para análises.
Fonte: Arquivo pessoal

Para a determinação do índice de área foliar (IAF) foram removidas todas as folhas fotossinteticamente ativas da planta, as quais foram desenhadas em *papel kraft* (Figura 9), sendo posteriormente recortadas e pesadas.



Figura 9. Folhas fotossinteticamente ativas destacadas das plantas para serem desenhadas em *papel kraft*.
Fonte: Arquivo pessoal

Em seguida, foram cortados e pesados 10 discos de *papel kraft* com 1 cm de diâmetro ($0,785 \text{ cm}^2$) para realizar a conversão do peso das folhas desenhadas em área (Figura 10).



Figura 10. Corte de discos de *papel kraft* com 1 cm de diâmetro para conversão do peso das folhas desenhadas em área.
Fonte: Arquivo pessoal

Também aos 60 DAS, foi realizada a determinação de clorofila A e clorofila B, com o auxílio de clorofilômetro da marca Falker, modelo Clorofilog 1030 (Figura 11). Para a determinação de clorofila A e B, foi realizado 10 medições por planta, a partir de terceira folha totalmente ascendida.



Figura 11. Clorofilômetro utilizado na determinação das clorofilas a e b.

Fonte: Arquivo pessoal

4.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do Software ASSISTAT Versão 7.7 beta (SILVA, 2015).

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para produção de matéria fresca (MF) da parte aérea e da raiz, clorofilas A e B e índice de área foliar de plantas de milho em amostras de solo submetidos a diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios e resumo estatístico para matéria fresca (MF) da parte aérea e da raiz, de clorofila A e B e índice de área foliar (IAF) de plantas de milho submetidas ao cultivo em solo com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados.

Tratamentos	Matéria fresca		Clorofila A ICF	Clorofila B	IAF cm ² planta ⁻¹
	Parte aérea	Raiz			
	----- g planta ⁻¹	-----			
Testemunha	80,66 A	25,84 A	28,53 A	6,21 A	1439.16 A
Ureia protegida	80,90 A	23,58 A	28,96 A	6,06 A	1471.87 A
Sulfato de amônio	87,92 A	24,98 A	30,65 A	7,66 A	1619.03 A
Ureia convencional	76,62 A	22,50 A	26,66 A	5,59 A	1416.27
Teste F	0,2477 ^{ns}	0,0954 ^{ns}	2,0850 ^{ns}	2,4021 ^{ns}	0,2377 ^{ns}
C.V.(%)	25,87	44,22	8,84	20,15	28,14

^{ns} não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos sem aplicação (T1), com aplicação de ureia protegida (T2), sulfato de amônio (T3) e ureia convencional (T4) na produção de matéria fresca, tanto da raiz, quanto da parte aérea, clorofilas A e B e índice de área foliar.

A determinação de clorofila é considerada boa indicadora do nível de N na planta quando comparada ao seu próprio teor, uma vez apresenta baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N (BLACKMER & SCHEPERS, 1995).

Argenta et al. (2001), ao determinarem a relação entre leitura do clorofilômetro e teor de N na folha de milho, constataram que o teor de N na folha aumentou linearmente à medida que a leitura com clorofilômetro era maior nos estádios de 10 a 11 folhas e de espigamento.

Segundo estudos citados por Teixeira Filho (2008), a ureia recoberta com enxofre e o nitrato de amônio revestido com calcário não promoveram produtividades superiores às obtidas com a ureia e o sulfato de amônio.

Porém, o presente trabalho sugere que independente da fonte de nitrogênio usada na adubação de plantio e adubação de cobertura, os quesitos avaliados não interferem no crescimento das plantas de milho até 60 DAS.

6. CONCLUSÃO

No presente trabalho conclui-se que, nas condições em que o experimento foi conduzido, as plantas de milho se desenvolveram de forma semelhante quanto à produção de matéria verde (parte aérea e raiz), teores de clorofila (A e B) e Índice de área foliar (IAF), independentemente da fonte de fertilizante nitrogenado utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.771-777, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n8/21738.pdf>>. Acesso em: 03 set 2016

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.158-167, 2001.

BATISTA, J.N.; SÁ, J.M.; JANTALIA, C.P.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Avaliação das perdas de N pela aplicação de fertilizantes nitrogenados com tecnologias agregadas. In: XI SEMANA DE CIENTÍFICA JOHANNA DÖBEREINER, 2011. **Anais...** 2011. 1p.

BORGES, A.L.; SILVA, D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A. (Eds.) **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**, p.253-264, 2011.

BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, p.56-60, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadeia produtiva do milho / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, **Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/cadeia%20produtiva%20do%20milho.PDF>>. Acesso em: 05 set. 2016

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portarias de zoneamento agrícola de risco climático por Unidade da Federação**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>>. Acesso em: 11 set. 2016.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Uso de inibidor de uréase para aumentar a eficiência da ureia. In: Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IAC, 2007. 1 CD-ROM. 19p.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Eds.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 6, p. 131-157.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 12 - Décimo segundo levantamento**. Brasília: Conab, 2015. p. 8

CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; PINTO, L.B.B.; QUEIROZ, L.R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. p. 15. (Circular Técnica, 124). Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2009/circular/Circ_124.pdf >. Acesso em: 04 set. 2016.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência no uso do nitrogênio influenciadas pela adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 1029-1034, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n7/16.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2016

FAN, X.; LI, F.; LIU, F.; KUMAR, D. Fertilization with a new type of coated urea: evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, p. 853-865, 2004.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/> > Acesso em: 09 ago. 2016.

LANDAU, E.C.; CRUZ, R.K.M.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. **Expansão potencial da produção de milho 2ª safra no Brasil no sistema de sucessão soja-milho considerando o zoneamento de risco climático 2014/15**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 124). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1038360/expansao-potencial-da-producao-de-milho-2-safra-no-brasil-no-sistema-de-sucessao-soja-milho-considerando-o-zoneamento-de-risco-climatico-201415>>. Acesso em: 11 set. 2016.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer, 1997. p.3-43.

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

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R.S.; VITTI, G.C. (Ed). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p.189-249.

MARTINS, F.C.; ALOVISI, A.M.T.; MARTINELLI, W.A. Resposta da Cultura do Milho Irrigado a Aplicação de Diferentes Fontes de Nitrogênio. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2010. **Anais...** Goiânia: Associação brasileira de milho e sorgo, 2010. p.2415-2419.

MARTINS, I.S.; CAZETTA, J.O.; FUKUDA, A.J.F. Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.271-279, 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632014000300010&lng=pt&nrm=iso&tlng=en > Acesso em: 12 out. 2016.

MATOS, M.J.L.F.; TAVARES, S.A.; SANTOS, F.F.; MELO, M.F.; LANA, M.M. **Milho verde**. Brasília: Embrapa, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000077&pid=S1413-7054201100020000700004&lng=pt>. Acesso em: 11 set. 2016.

MEIRA, F.A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. 46f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106204/meira_fa_dr_ilha.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 set. 2016.

MIRANDA, R.A.; DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C. **Cultivo do milho: Economia**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. v.8 (Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica). Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm >. Acesso em: 11 set. 2016.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. **Qualidade de grãos de milho**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2006. 112p.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63p.

SILVA, A.A.; SILVA, T.S.; VASCONCELOS, A.C.P.; LANA, R.M.Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v.28, p.104-111, 2012. Disponível em: <www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/13242/8354>. Acesso em: 02 set. 2016

SILVA, F.A.S. **Software ASSISTAT**: Assistência estatística. Versão 7.7 beta. Campina Grande: UAUF-CTRN-UFCG, 2015.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado**. 2008. 80f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008. Disponível em: <repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/.../teixeirafilho_mcm_me_ilha.pdf?...1>. Acesso em: 09 ago. 2016

TISDALE, L.; NELSON, N.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizer: An introduction to nutrient management**. 7 ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005. 515p.

VIAPIANA, A. M. **Fertilizantes de liberação lenta e controlada de n como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no híbrido de milho as1565**. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014. Disponível em:

<http://www.tede.udesc.br/tde_arquivos/7/TDE-2014-11-03T115715Z-1912/Publico/PGPV14MA131.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.

VILLALBA, H.A.G.; LEITE, J.M.; OTTO, R.; TRIVELIN, P.C.O. Fertilizantes nitrogenados: novas tecnologias. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: IPNI, n.148 p.12-20, 2014. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A8C436B98265A2983257DB6006A962D/\\$FILE/Page12-20-148.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A8C436B98265A2983257DB6006A962D/$FILE/Page12-20-148.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2016.

WARNCKE, D.; BARBER, S. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays* L.) as influenced by nitrogen concentrations and $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio. **Agronomy Journal**, v.65, p.950-954, 1973.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar? **Informações Agronômicas**, Piracicaba: Potafós, n.74, p.1-5, 1996.