



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL
E REVESTIDA COM POLÍMERO**

ANA PAULA REIS

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Brasília-DF
Fevereiro/2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL
E REVESTIDA COM POLÍMERO**

ANA PAULA REIS

ORIENTADOR PROFESSOR MARCELO FAGIOLI

**Brasília-DF
Fevereiro/2013**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO À ADUBAÇÃO NITROGENADA
COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMERO**

ANA PAULA REIS

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília - UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Fagioli
Universidade de Brasília - UnB
Orientador

Prof. Dra. Nara Oliveira Silva Souza
Universidade de Brasília - UnB
Examinadora

Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo
Universidade de Brasília - UnB
Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA

REIS, Ana Paula

“RESPOSTA DO FEIJOEIRO À ADUBAÇÃO NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMERO” Ana Paula Reis. Orientação: Marcelo Fagioli, Brasília, 2013.

Monografia - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

1. Feijão Comum - Fertilidade 2. Feijão Comum - Adubação 3. Manejo de adubação Nitrogenada

I. Fagioli. M. e II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

REIS, A.P. **Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida com polímero**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 33 f. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: ANA PAULA REIS

Título da Monografia de Conclusão de Curso: RESPOSTA DO FEIJOEIRO À ADUBAÇÃO NITROGENADA COM UREIA CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMERO.

Grau: 3º **Ano:** 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

ANA PAULA REIS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me acompanhar em todos os momentos da minha vida, pelas oportunidades e pelas pessoas maravilhosas que colocou em meu caminho. A minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor da minha fé, pelas pessoas maravilhosas que ele colocou no meu caminho durante essa jornada, pela vida e oportunidades que fez a diferença em minha vida.

Aos meus familiares, por serem meu porto seguro, minha fonte de sabedoria, minha alegria e meu equilíbrio. Agradeço por todo amor e paciência da minha mãe. E aos meus irmãos Pedro e Keila, pelo apoio.

Agradeço aos meus amigos e segunda família: Marco Antônio, Camen e Juliana, pela oportunidade de estudo que me proporcionaram, pelas as palavras de incentivo, e que sempre estiveram ao meu lado e o apoio de sempre. Vocês foram essenciais, e devo tudo que sou a vocês.

Ao Professor Marcelo Fagioli, por todo esse tempo de orientação, por toda amizade, por sempre estar presente, pela paciência, pelo apoio e por todo crescimento profissional e pessoal que ela me proporcionou.

Ao Professor Cicero C. Figueredo, pela ajuda nesse projeto e por fazer parte do meu crescimento pessoal.

Aos professores José Ricardo, Lucrecia e Nara, que contribuíram muito no andamento da minha formação, aprendi muito com vocês.

Aos amigos que me acompanharam nessa jornada de UnB, que fazem parte dessa caminhada, por todo apoio, carinho, por sempre me incentivar e fazerem parte da minha vida nos momentos alegres e difíceis.

Aos colegas de agronomia, que pelo auxílio essencial nos trabalhos de campo e pela amizade, valiosa ajuda.

A todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desse trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Situação mundial e brasileira do feijoeiro	3
3.2. Culturas do feijoeiro	3
3.3. Adubação de cobertura em feijoeiro	5
3.4. Adubos nitrogenados revestidos	8
3.5. Outros adubos revestidos	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Caracterização da área experimental	12
4.2. Genótipo utilizado no experimento	14
4.3. Desenvolvimento do experimento em campo	14
4.4. Avaliações experimentais	15
4.4.1. Quantificação da atividade de urease no solo	15
4.4.2. Determinação do teor água (TA)	16
4.4.3. Teste padrão de germinação (TPG)	16
4.4.4. Peso de matéria seca e de matéria verde	16
a) Peso de matéria seca (PMS)	16
b) Peso de matéria verde (PMV).....	16
4.4.5. Teste de condutividade elétrica (CE).....	17
4.4.6. Teste envelhecimento acelerado (EA)	17
4.4.7. Emergência de plântulas em campo (EC).....	17
4.4.8. Índice de velocidade de emergência (IVE)	18
4.4.9. Determinação da produtividade.....	18
4.5. Delineamento de análises estatísticas	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6. CONCLUSÕES	24
7. REFERÊNCIAS.....	25

RESUMO

A cultura do feijoeiro tem grande importância econômica e social no Brasil. O plantio de feijão alcança diversas regiões do território nacional, podendo ser cultivado em diferentes sistemas de produção, indo da baixa a alta tecnologia empregada. A planta do feijoeiro é considerada exigente em nutrientes. Entre os nutrientes essenciais, o N é o mais exigido pelo feijoeiro. O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a resposta do feijoeiro a adubação nitrogenada usando uréia convencional comparada à ureia revestida por polímeros. O experimento foi conduzindo na Fazenda Água Limpa, da UnB, a partir novembro de 2010. Utilizou-se a cultivar Pérola, com distribuição de 15 sementes por metro no espaçamento entrelinhas de 0,50 m. Os tratamentos experimentais foram T1) adubação nitrogenada com 100% da dose com ureia convencional ; T2) adubação nitrogenada com 50% da dose com ureia revestida; T3) adubação nitrogenada com 100% da dose com ureia revestida; T4) adubação nitrogenada com 150% da dose com ureia revestida; T5) adubação nitrogenada com 200% da dose com uréia revestida. A área experimental montada em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em um total de 20 parcelas, com área útil de 6m². As características agronômicas e a produtividade de grãos não apresentaram diferenças entre as ureias convencional e revestida. O momento da aplicação da ureia revestida deve ser diferente da ureia convencional, para que a ureia revestida tenha tempo de ser gradualmente liberada, absorvida e venha contribuir com a produtividade da planta. O uso de ureia revestida com polímero promoveu diminuição da atividade da urease do solo com a cultura do feijão.

Palavras-chave: feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), ureia convencional, adubos de liberação lenta.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de feijão no Brasil é de cerca de $17,06 \text{ kg habitante}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que faz dessa leguminosa não só um dos alimentos básicos da população, mas também uma fonte de proteína para as classes mais carentes da população (BARBOSA et al., 2012). O plantio de feijão alcança diversas regiões do território nacional, podendo ser cultivado em diferentes sistemas de produção, indo da baixa a alta tecnologia empregada.

Nos últimos 20 anos o Brasil reduziu sua área de plantio em torno de 12%, mesmo assim, a produção aumentou 56% graças ao expressivo aumento da produtividade média (78%). Contudo, mesmo com o aumento da produção, o país não produz o suficiente para atender ao mercado interno, cujo consumo aumentou em 10,94%, somente entre os anos de 2004 a 2010. Sendo que a maior produção de feijão ocorre nos Estados do Paraná, que colheu 298 mil toneladas na safra 2009/2010, e Minas Gerais, com a produção de 214 mil toneladas no mesmo período.

A busca pelo aumento de produtividade do feijoeiro requer o estabelecimento de estratégias de manejo adequadas às condições locais. A estabilidade do sistema depende não somente da adoção de um conjunto de técnicas, mas sobretudo, da compreensão das ações relativas à interação dos diferentes fatores de produção, no sistema solo-planta-atmosfera (BARBOSA et al., 2012).

A planta do feijoeiro é considerada exigente em nutrientes, para poder expressar todo seu potencial produtivo. Entre os nutrientes essenciais, o N é o mais exigido pelo feijoeiro. Devido a grande exigência de nitrogênio pelas plantas cultivadas em geral, muitos estudos sobre a sua disponibilidade e eficiência vem sendo feito. Sendo que uma das tecnologias mais novas em relação ao uso mais eficiente do nitrogênio é o uso de produtos com eficiência aumentada, normalmente recoberto por polímeros, que liberam o nutriente de forma gradativa no ambiente. A busca por este tipo de produto se deve ao fato da ureia convencional muitas vezes apresentar uma baixa eficiência, com perdas por volatilização ou lixiviação, fazendo com que boa parte do N aplicado não seja aproveitado pela cultura, sendo perdido no ambiente. Por motivos econômicos e ambientais essas perdas devem ser evitadas ao máximo, daí vem a importância de pesquisas de adubos nitrogenados com a característica “liberação controlada”.

2. OBJETIVOS

2.1 - Geral

O objetivo deste trabalho foi analisar a resposta do feijoeiro a adubação nitrogenada com ureia convencional e ureia revestida por polímeros.

2.2 - Específicos

1. Verificar a resposta de algumas características agronômicas da planta e a produtividade do feijoeiro em relação à adubação nitrogenada de cobertura usando duas formas de ureia (convencional e revestida);
2. Comparar a absorção de nitrogênio pela planta de feijoeiro em relação à adubação nitrogenada de cobertura usando as duas formas de ureia (convencional e revestida).
3. Avaliar o efeito da adubação com ureia convencional e revestida na atividade da enzima urease do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1- Situação mundial e brasileira do feijoeiro

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. A sua importância extrapola o aspecto econômico, sendo uns dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira, com grande importância cultural na culinária de diversos países e culturas, sendo também reconhecido como uma excelente fonte proteica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro (VIEIRA et al., 2006).

O consumo de feijão destaca-se principalmente em países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, por ser considerado como um alimento de fontes proteicas para a dieta humana. Sendo que os países em desenvolvimento são responsáveis por 87,1% do consumo mundial e por 89,8% da produção. Entre os continentes, em 2009 a Ásia foi o maior produtor mundial (41,7%), seguido das Américas (36,0%), da África (20,0%), da Europa (2,1%) e da Oceania (0,2%) (BARBOSA et al., 2012).

O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola brasileira feito pelo IBGE na safra 2010/2011, mostra que o Brasil produziu 3,8 milhões de toneladas em 3,9 milhões de hectares, com uma produtividade média de 975 kg ha⁻¹. Nos últimos 20 anos (1990-2009), o país aumentou a produção de feijão em 56%. Contudo, mesmo com o aumento da produção, o país não produz o suficiente para atender ao mercado interno, cujo consumo aumentou em 10,94%, somente entre os anos de 2004 a 2010. Sendo necessária a importação de feijão da China, Argentina, Bolívia, Estados Unidos e Bélgica. A melhoria nas condições das faixas de renda mais baixa, nos hábitos alimentares e nos padrões de consumo da população brasileira explicam esta ampliação (BARBOSA et al., 2012).

O feijão é produzido em todo o território brasileiro. Os principais produtores são: Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás, com destaque para o Paraná que participa em torno de 22% do total nacional (CONAB, 2013).

3.1 - Cultura do feijoeiro

O feijoeiro pertence à classe dicotiledônea, família *Leguminosae*, cujo gênero *Phaseolus* originou-se das Américas e possui cerca de 60 espécies, das quais cinco são cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Grau var.

latifolius Freeman e *P. polynthus* Greenman. Sendo que o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus*. Considerando-se, porém, diversos gêneros e espécies, são cultivados em 121 países em todo o mundo, com produção em torno de 20,7 milhões de toneladas, em área de 25,6 milhões de hectares. Sendo o Brasil o maior produtor do feijão comum (VIEIRA et al., 2006).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras. Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que o torna uma cultura apropriada para compor, desde sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência (AIDAR, 2012).

O plantio de feijão no Brasil é feito ao longo do ano, concentrando-se em três épocas ou safras. Dadas as características da cultura, a forma como o feijão é cultivado nas diferentes regiões do país, e a diversidade climática do Brasil, em qualquer mês, sempre haverá produção em algum ponto do país, o que contribui para manter o abastecimento interno e reduzir a oscilação dos preços. A produção apresenta certa sazonalidade que se traduz em três safras não muito bem definidas no tempo. A 1ª safra ou “safra das águas” (também chamada de “safra do Sul e Sudeste”) é colhida a partir de novembro até março, com maior intensidade em dezembro; a semeadura geralmente é feita entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro e dezembro. A 2ª safra ou “safra da seca” ou “safrinha” (também chamada de “safra do Nordeste e Sudeste”) é colhida de abril-maio até junho-julho; nesse caso, a semeadura é feita entre janeiro e abril. A 3ª safra também é conhecida como “safra de outono-inverno” e “safra irrigada”; a semeadura é feita a partir de maio, com a colheita entre agosto e outubro (BARBOSA et al., 2012).

Os feijões são plantas herbáceas, anuais, com morfologia variável, consoante às cultivares. O sistema radicular do feijão é aprumado e superficial, composta de raiz principal da qual se desenvolvem, lateralmente, raízes secundárias, terciárias e possuem nódulos nas raízes laterais devido à simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (VIEIRA et al., 2006).

O caule é herbáceo, classificado morfologicamente como haste, e apresenta na planta adulta nós e entre-nós. O primeiro nó constitui os cotilédones (estruturas

de reserva da planta); o segundo corresponde à inserção das folhas primárias; do terceiro nó em diante, estão inseridas as folhas trifoliadas; a porção alongada entre as raízes e os cotilédones e as primeiras folhas, epicótilo. O caule possui crescimento determinado ou indeterminado; o determinado caracteriza-se por o caule e os ramos laterais cessarem o crescimento e terminarem em flores, enquanto o indeterminado, por apresentar o crescimento contínuo e as flores serem somente laterais, junto às folhas. O crescimento do caule determina os principais tipos de planta do feijoeiro: arbustivo, prostrado e trepador (VIEIRA et al., 2006).

As flores do feijão agrupam-se em racimos, que nascem nas axilas das folhas, a partir de gemas floríferas e, mais raramente, de gemas mistas. As flores são papilionadas, por cada flor apresentarem uma Bráctea e duas bractéolas, na base do pedúnculo floral. O fruto é tipo legume (vagem), por possuir um só carpelo, seco, deiscente, zigomorfo, geralmente alongado e comprido, com as sementes em uma fileira central, cuja deiscência ocorre na metade do carpelo (VIEIRA et al., 2006).

A semente é exalbuminada, isto é, não possui albume, as reservas nutritivas estão concentradas nos cotilédones. Constituída, externamente, de um tegumento ou testa, hilo (cicatriz do pedúnculo), micrópila e rafe; internamente, de um embrião formado pela plúmula, duas folhas primárias, hipocótilo, dois cotilédones e radícula (VIEIRA et al., 2006).

3.3- Adubação de cobertura em feijoeiro

A acidez elevada, a presença de alumínio trocável e a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos brasileiros, principalmente nos do Cerrado, exigem a adoção de um minucioso programa de manejo da calagem e da adubação, para possibilitar a obtenção de alto rendimento do feijoeiro (FERREIRA et al., 2004).

Entre os nutrientes essenciais, o nitrogênio é o elemento requerido em maior quantidade pelo feijoeiro. Ele é componente estrutural de aminoácidos e proteínas, enzimas e coenzimas, bases nitrogenadas, molécula de clorofila, ácidos nucleicos e outros, sendo fundamental para o crescimento e o desenvolvimento de todas as plantas cultivadas. O adequado suprimento desse nutriente está associado à alta atividade fotossintética, ao crescimento vegetativo vigoroso e a folhas de cor verde-escuro (VIEIRA, 1998). Para alta produtividade, quantidade de N superior a 100

kg/ha é necessária. Mas no geral, recomendam-se a adubação entre 20 a 100 kg/ha de N na cultura do feijão. Essa variação dependendo do nível de tecnologia empregada pelo produtor, aplicadas parceladamente, ou seja, uma porção no sulco de plantio, juntamente com os adubos fosfatados e potássio, e outra porção mais tarde de cobertura (VIEIRA et al., 2006).

A adubação de cobertura é efetuada após o plantio e que fornece a plantas os nutrientes Nitrogênio e Potássio, dependendo da exigência da cultura. Essa adubação é fundamental para minimizar as perdas de nutrientes que ficaram fora do alcance da zona radicular das plantas. Esse tipo de adubação pode ser realizado com adubo sólido ou líquido, ao redor das mudas ou em aplicação contínua ao longo da linha de plantio, sendo em ambos os casos aconselhável uso do fertilizante com solo para diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização e o carregamento do fertilizante por erosão laminar (CANTARELLA, 2007).

Embora o feijoeiro possa fixar esse nutriente da atmosfera por meio das bactérias fixadoras de nitrogênio, a quantidade não é suficiente para atender as necessidades da planta. Portanto, há necessidade de complementação, que deve ser feita aplicando-se uma parte na época de semeadura e o restante até antes da floração, pois esta é a fase em que o feijoeiro mais necessita de nitrogênio para a formação das vagens e dos grãos. O parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura pode ser feito em até três vezes, quando viável operacionalmente (BARBOSA et al., 2012).

Segundo Ferreira et al.(2004) a absorção do N pela planta é afetada pelas condições ambientais (temperatura, aeração, pH do solo, atividade de outros elementos na solução, estresse hídrico e concentração do sal na zona radicular) e pelo genótipo. A taxa de absorção varia durante o ciclo de vida da planta e a época de maior exigência ocorre nos primeiros 50 dias após a sua emergência (DAE). O período de maior demanda pela planta ocorre do início do florescimento ao período de formação das vagens; pois nutrição mineral afeta diretamente a fixação de flores e vagens.

Quando ocorre deficiência de N, as plantas ficam atrofiadas, com caule e ramos delgados, as folhas apresentam coloração entre verde-pálida e amarela, o crescimento é reduzido, flores, vagens e sementes são malformadas e em menor número, além de diminuir a massa das sementes (FERREIRA et al., 2004).

O nitrogênio é amplamente destacado e reconhecido pela sua importância no crescimento do feijoeiro e, principalmente, pelo incremento de produtividade (BRAGA et al., 1973; BONSANELLO et al., 1975). Mas a sua maior importância, é pelo fato de ser empregado em grande quantidade na agricultura, visto ser constituinte de vários compostos em plantas e extraído em grandes quantidades por elas (CANTARELLA, 2007). Do ponto de vista agrícola, o ciclo do N é o mais importante. O grande estoque de N no solo ocorre em forma orgânica (mais de 95% de N do solo), como parte da matéria orgânica do solo (MOS), cuja relevância para a fertilidade do solo é bem estabelecida. A mineralização da MO libera N inorgânico, do qual constitui a principal fonte de N para as plantas. A porção ativa do N orgânico do solo compreende cerca de 10% a 15% do N total em solos agrícolas, incluindo a biomassa microbiana, e o restante corresponde à fração passiva, que tem ciclagem mais lenta (CANTARELLA, 2007).

As formas preferenciais de absorção de nitrogênio pelas plantas são amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que correspondem cerca de 80% do total de cátions e ânions absorvido (CANTARELLA, 2007). A maior parte do N no solo provém do ar, por deposições atmosféricas de formas combinadas de N e da fixação biológica de N_2 . O NH_4^+ é incorporado a compostos orgânicos das raízes, o NO_3^- é prontamente móvel no xilema e pode ser acumulado nos vacúolos das raízes, folhas e órgão de reserva. Para ser incorporado a estruturas orgânicas e cumprir suas funções de essencialidade como nutriente, o NO_3^- deve ser reduzido a NH_4^+ , reação mediada por duas enzimas, a nitrato redutase e a nitrito redutase (MARSCHNER, 1995).

Os compostos nitrogenados simples, como ureia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos, mas são poucos encontrados na forma livre no solo. A adubação nitrogenada contribui para com disponibilidade do N no solo. As formas em que o N se apresenta nos adubos nitrogenados são: Nítricas (Ex. Nitrato de Cálcio), amoniacal (ou ambas como e o caso do Nitrato de Amônia), orgânica e amídica (Ureia). A concentração de N nos adubos pode variar desde 82% na amônia anidra até alguns décimo de 1% nos adubos orgânicos (CANTARELLA, 2007).

Os fertilizantes nitrogenados são produzidos principalmente a partir de combustíveis fósseis não renováveis e, quando usados em grandes quantidades ou em condições inadequadas, o N pode ser perdido por volatilização da amônia ou lixiviação do nitrato (CANTARELLA, 2007).

O uso cada vez maior de fertilizantes nitrogenados nas culturas pode ocasionar perdas do N aplicado, contribuindo para poluição ambiental e baixa eficiência do sistema. As perdas de N para o ambiente, com o consequente menor aproveitamento do N pelas culturas, estão associadas à concentração de formas solúveis de N no solo (CANTARELLA, 2007). Um modo de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados é o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada.

3.4- Adubos nitrogenados revestidos

Segundo CANTARELLA (2007), perdas de N para o ambiente estão associadas à concentração de formas solúveis de N ou das formas mais suscetíveis às perdas. Um modo de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados é o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada.

Para minimizar essas perdas de N na agricultura e aumentar a produtividade de forma rentável, foram desenvolvidas fórmulas com liberação lenta gradativa de nutrientes, que permite reduzir as perdas que normalmente ocorrem com a utilização de ureia (NYBORG et al., 1995).

Os adubos revestidos, também conhecidos como fertilizantes de liberação controlada são aqueles que atrasam a disponibilidade inicial dos nutrientes por meio de diferentes mecanismos, com a finalidade de disponibilizá-los para as culturas por maior período de tempo e otimizar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (ZAVASCHI, 2010). Além da variação na composição dos polímeros de cobertura de grânulos, diversos fatores interferem na expressão do máximo potencial desses fertilizantes de liberação lenta (FIGUEIREDO et al., 2012).

Segundo Vieira e Texeira (2004), fertilizantes revestidos por polímeros comparados com o uso de adubos sem revestimento, não diferem quanto à época de aplicação. As diferenças ocorrem quanto à eficiência da adubação, pois fertilizantes com polímeros conferem menores perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação, possibilitando reduzir a dose aplicada (ZAHRANI, 2000). Essa maior eficiência é proporcionada pela estrutura dos grânulos dos fertilizantes revestidos por polímeros, os quais ao absorverem água do solo, solubilizam os nutrientes no interior das cápsulas, que são gradativamente liberados por meio da estrutura porosa na zona da raiz, de acordo com a necessidade das plantas. Porém a eficiência da adubação não depende apenas das doses ou quantidades a serem

aplicadas. Outros fatores devem ser do conhecimento do técnico e/ou agricultor, para que conduzam a um melhor uso dos adubos (GUARESCHI et al., 2011).

Os fertilizantes de liberação controlada são recobertos por substâncias orgânicas, inorgânicas ou resinas sintéticas. Tais substâncias são, em sua maioria, derivadas de ureia, como poliamidas, de enxofre elementar ou, ainda, de polímeros das mais diversas naturezas. A espessura e a natureza química da resina de recobrimento, a quantidade de microfissuras em sua superfície e o tamanho do grânulo do fertilizante determinam a taxa de liberação de nutrientes ao longo do tempo (GIRARDI et al., 2003).

Os fertilizantes polimerizados podem ser de liberação lenta, fornecendo os nutrientes gradualmente às plantas. Assim, requerem menor frequência de aplicação, diminuindo os gastos com mão de obra para o parcelamento, evitam injúrias às sementes e raízes, decorrentes de aplicações excessivas, e são pouco suscetíveis às perdas, minimizando os riscos de poluição ambiental (KALAF; KOO, 1983; MACHADO, 2012).

Os adubos de liberação lenta podem ser encapsulados por resinas especiais e são liberados mais lentamente para as plantas. Ao absorver os nutrientes, as raízes causam uma depleção na concentração dos nutrientes, nas proximidades da zona radicular, induzindo um sistema de liberação de nutrientes por osmose (TOMASZEWSKA et al., 2002). Outra forma de encapsulamento dos fertilizantes é feita por hidrogéis como veículos carreadores para liberação controlada. Estes liberam água e nutrientes paulatinamente, retardando sua presença no solo. Essas características podem ser válidas em solos com propriedades físicas adversas, como baixa capacidade de retenção de água e excessiva permeabilidade (AOUDA et al., 2008).

Revestimentos de adubos podem ser tanto as membranas semipermeáveis ou impermeáveis com minúsculos poros. Os principais problemas na produção de polímero revestindo fertilizantes são as escolhas do material de revestimento e o processo utilizado para aplicar esse revestimento ao grânulo do fertilizante. A liberação dos nutrientes através de uma membrana de polímero não é significativamente afetada pelas propriedades do solo, tais como pH, salinidade, textura, atividade microbiana, redox potencial, força iônica da solução do solo, mas sim pela temperatura e umidade e permeabilidade do revestimento de polímero.

Assim, é possível prever a liberação de nutrientes a partir do revestimento de polímero dos fertilizantes para um determinado período de tempo (TRENKEL, 2010).

Entre os fertilizantes nitrogenados, há dois grupos classificados como por liberação lenta ou controlada. Um deles é formado por compostos de condensação de ureia e ureia formaldeídos (de baixa solubilidade e, portanto, de liberação lenta de N); o segundo, de produtos encapsulados ou recobertos, ou de liberação controlada. Dentre os produtos de condensação de ureia estão a ureia-formaldeído, a ureia-isobutilaldeído e a ureia-crotonaldeído. A solubilidade desses fertilizantes depende do tamanho da cadeia e da natureza do composto. Os produtos comerciais consistem de misturas de polímeros com frações solúveis em água fria, quente e insolúvel em água. No solo, estes compostos sofrem degradação química e biológica, liberando o N gradualmente às plantas (CANTARELLA, 2007).

Há grande quantidade de fertilizantes nitrogenados cuja liberação é retardada por recobrimentos ou encapsulamento com diversos materiais. O fertilizante mais comum dessa classe é formado por grânulos recobertos com polímeros orgânicos termoplásticos ou resinas, ou com materiais inorgânicos, tal como S elementar (SHAVIV, 2005; CANTARELLA, 2007). Menos comuns são os fertilizantes em que os nutrientes são dispersos em matrizes feitas com materiais hidrofóbicos, como borracha e poliolefinas, ou hidrofílicos, os quais reduzem a taxa de dissolução do fertilizante e sua consequente liberação para o solo (CANTARELLA, 2007).

Outra alternativa seria a utilização de fontes que apresentam uma liberação mais lenta ou controlada dos nutrientes. Um exemplo desse tipo de fertilizante é o Osmocote[®] (SGARBI et al., 1999). De acordo com HAUCK (1985), o fertilizante denominado Osmocote[®] é revestido por resina alquídica em que a água entra pelo poro, que é ampliando, e os nutrientes são liberados através do microporo. O revestimento de resina tipo alquídica torna possível controlar satisfatoriamente a taxa e liberação e o tempo. O poliuretano como revestimento também fornece uma boa taxa de controle sobre a duração da liberação dos nutrientes (TRENKEL, 2010).

Uma outra forma é o Kimcoat[®] N, constituído por um grânulo de ureia revestida com três camadas de aditivos especiais, em que cada camada possui sua função. A última camada é dotada de um corante para diferenciar do convencional e esta camada é constituída por um aditivo de baixa solubilidade que necessita de um volume maior de água para desfazê-la. Essa lâmina gira em torno de 10 a 20 mm

podendo ser fornecida pela chuva ou irrigação, sendo esta quantidade suficiente para a incorporação do Kimcoat® N, desfazendo assim a última camada. Neste caso, havendo água suficiente para incorporá-la, haverá disponibilidade imediata de nitrogênio (FERREIRA, 2010).

3.5 - Outros adubos revestidos

De acordo com Ferreira (2010), há no mercado outros produtos revestidos, como aqueles com a tecnologia Kimcoat®. Desenvolvida pela empresa Kimberlit, consta tecnologia utiliza compostos orgânicos, minerais e polímeros em sua formulação, para reduzir as perdas naturais que ocorrem na adubação (lixiviação, volatilização e fixação), potencializando assim os fertilizantes. A tecnologia Kimcoat® é utilizada para revestir os grânulos de fertilizantes nitrogenados (Uréia), fosfatados (MAP e Super Fosfato Triplo) e potássicos (Cloreto de Potássio).

O revestimento de fosfato (MAP, Superfosfato Triplo, Superfosfato Simples), é realizado com três camadas de aditivos especiais que envolvem os grânulos dos fertilizantes, e que na última camada é adicionado um corante para diferenciar do convencional. Os aditivos que revestem a Uréia são diferentes dos aditivos que revestem o MAP, pois as perdas são diferentes. Neste sentido, esse revestimento possibilitará uma liberação gradativa ou controlada dos nutrientes contido no grânulo, reduzindo assim as perdas por fixação (FERREIRA, 2010).

Quando aplicado ao solo, o Kimcoat® P será hidratado pela água presente no solo, que se desloca do meio menos para o meio mais concentrado e em seguida o soluto (MAP, Super Triplo) se desloca do meio mais para o meio menos concentrado até saturar a solução do solo. Após a saturação, cessa a liberação de soluto até que haja absorção destes nutrientes pelas plantas e haja um novo equilíbrio químico na solução do solo. Dessa forma, o sistema radicular se desenvolve e ainda encontra fósforo disponível na solução, aumentando assim sua eficiência de aproveitamento pelas plantas (FERREIRA, 2010).

A principal perda de potássio nos sistemas agrícolas é a lixiviação. Este processo consiste no arraste de potássio junto à água de percolação no perfil do solo, retirando o elemento do alcance das raízes e às vezes podendo atingir o lençol freático. Este processo é mais comum em solos com textura arenosa, podendo ocorrer também em solos com textura argilosa. O Kimcoat® K, fertilizante a base de

cloreto de potássio, é revestido com três camadas de aditivos, possibilitando assim uma liberação gradativa deste nutriente na solução do solo, reduzindo assim a sua concentração. O cloreto de potássio é solubilizado no interior do grânulo revestido, na presença de água provindo da chuva e/ou irrigação. Conforme a solução do solo é saturada em potássio, cessa-se a liberação que é controlada pelos aditivos que são definidos como elementos de permeabilidade controlada (FERREIRA, 2010).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Caracterização da área experimental

O experimento foi montado e conduzido na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília - DF, (15°57'16"S, 47°55'89"W e altitude de 1.103 m) de novembro de 2010 a marco de 2011. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. Análise química do solo da área experimental foi realizada pelo Laboratório de Solos da Fundação Educacional de Ituiutaba, Campus da Universidade do Estado de Minas Gerais. Os resultados das análises foram: pH (água) = 5,8; P(mg/dm³) = 2,4; K⁺ (mg/dm³) = 97,4; Ca²⁺ (cmol_c/ dm³)= 2,65; Mg²⁺ (cmol_c /dm³) = 1,10; H + Al³⁺ (cmol_c /dm³) = 5,62; Al³⁺ (cmol_c/dm³) = 0,10; V= 42%. A interpretação dos atributos químicos e recomendação de calagem e adubação foi realizada conforme a recomendações de Sousa e Lobato (2004).

O clima local é caracterizado como tropical estacional (Aw), segundo Köppen-Geiger, que tem como característica a sazonalidade do regime de chuvas, com um período chuvoso de outubro a abril e um período seco de maio a setembro (SANTANA et al., 2010).

Os dados de precipitação pluviométrica mensal e temperatura média da área experimental são apresentados na Figura 1.

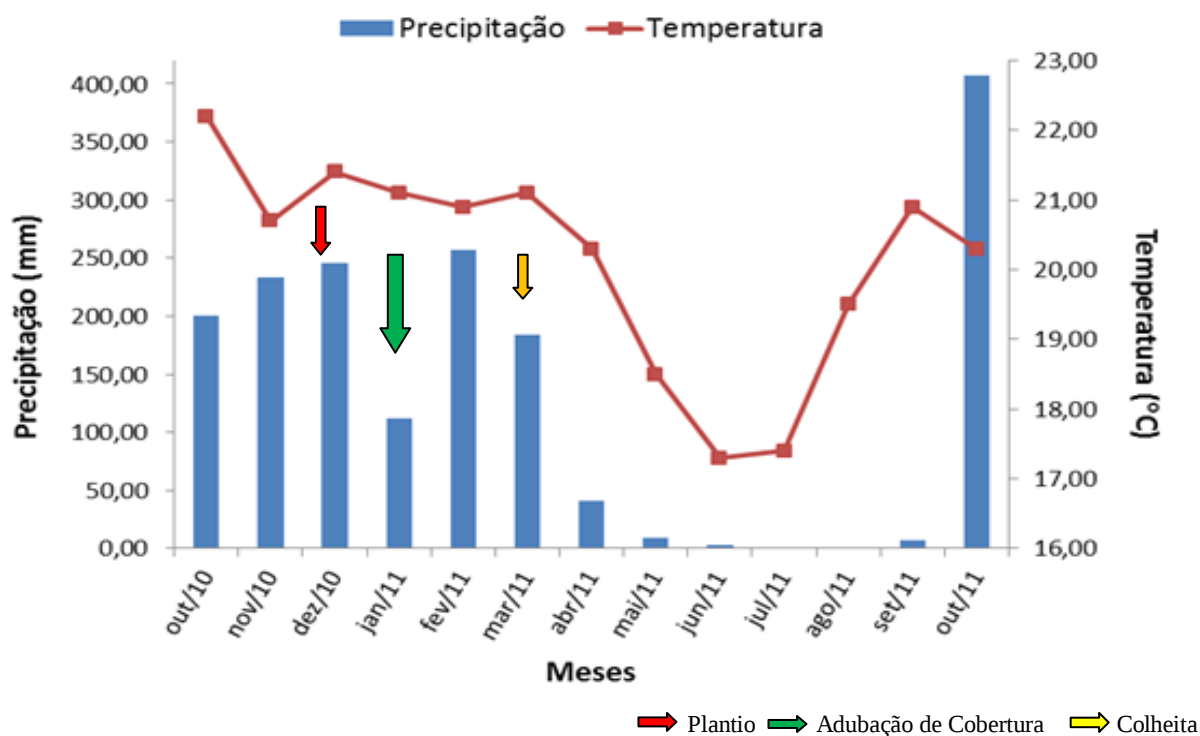


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média do ar na Fazenda Água Limpa (FAL-UnB), DF Out/10 a Out/11. Fonte: Estação Agroclimatológica da FAL.

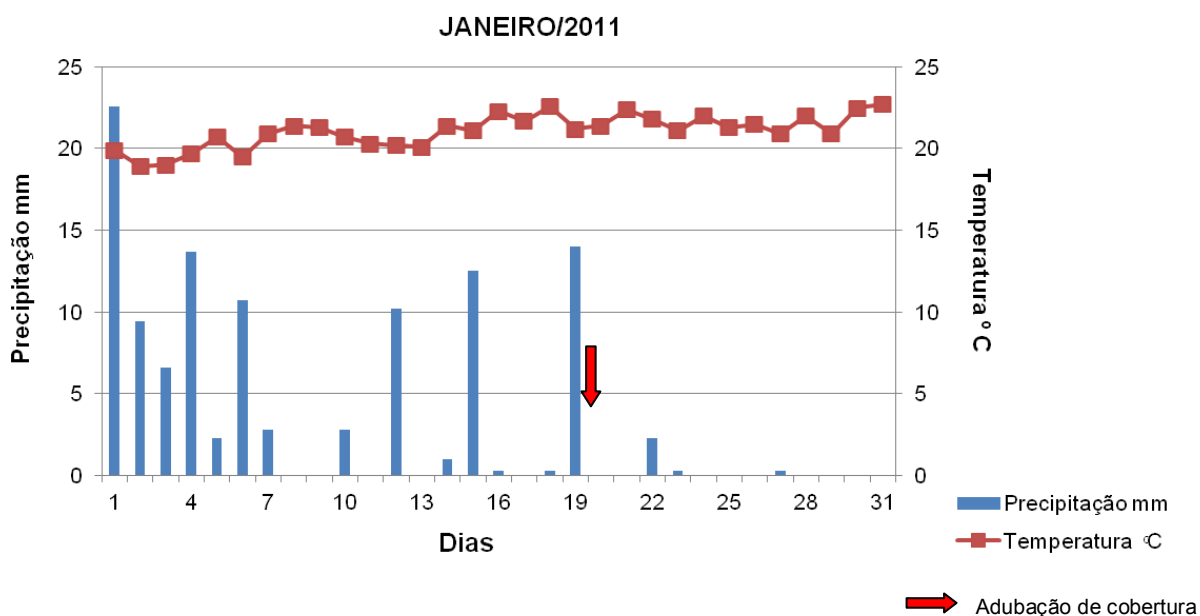


Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperatura média na Fazenda Água Limpa (FAL-UnB) - DF, Janeiro de 2011. Fonte: Estação Agroclimatológica da FAL.

4.2 - Genótipo utilizado no experimento

Foi utilizado o feijoeiro comum cultivar Pérola (grupo carioca), cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras. A cultivar Pérola, possui grão tipo carioca; peso médio de 100 sementes de 23-25 g; porte semi-ereto a prostrado; ciclo de 95 dias; resistente ao mosaico-comum e moderadamente resistente à mancha-angular, à ferrugem e à murcha de Fusarium (EMBRAPA, 2012).

O cultivo pode ser feito ao longo de todo o ano, em três safras distintas: água, seco e inverno (AIDAR, 2012).

4.3 - Desenvolvimento do experimento em campo

Antes de montar o experimento, foi feita a correção da acidez do solo, e uma semana antes do plantio do feijão foi feita adubação de plantio, aplicando 400 kg ha⁻¹ de formulado 4-30-16. O plantio foi realizado em dezembro de 2010, logo após o delineamento das parcelas.

O experimento foi instalado em um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 20 parcelas, sendo a área da parcela composta de seis linhas de seis metros de comprimento, espaçadas com 0,50 m entrelinhas. A área útil das parcelas correspondeu às duas linhas centrais, descartando-se as bordaduras, que correspondem a uma área de 6 m².

Os cinco tratamentos foram estabelecidos com base na adubação nitrogenada em cobertura com o uso de duas formas de ureia, sendo elas: a convencional e a revestida com polímero de liberação lenta marca Kimcoat®. Os tratamentos foram os seguintes:

- T1) Adubação nitrogenada com 100% da dose com ureia convencional (Testemunha) - 60 kg N ha⁻¹;
- T2) Adubação nitrogenada com 50% da dose com ureia revestida - 30 kg N ha⁻¹;
- T3) Adubação nitrogenada com 100% da dose com ureia revestida - 60 kg N ha⁻¹;
- T4) Adubação nitrogenada com 150% da dose com ureia revestida - 90 kg N ha⁻¹;
- T5) Adubação nitrogenada com 200% da dose com ureia revestida - 120 kg N ha⁻¹.

No experimento foi usado o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Pérola. Na semeadura foram distribuídas 15 sementes por metro no espaçamento entrelinhas de 0,50 m, perfazendo uma população inicial de 300.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de cobertura foi feita manualmente, foi aplicado no dia 20 de janeiro de 2011, início da floração.

O manejo das práticas agrícolas e fitossanitárias (controle de plantas daninhas, pragas e doenças) foram realizadas conforme a necessidade de controle para evitar o dano econômico na área experimental.

A colheita foi feita manualmente, na primeira quinzena de março.

4.4 - Avaliações experimentais

Em campo foram realizadas a determinação da população de plantas por metro (PPC) e a coleta de amostras de solo para determinação da urease após a adubação de cobertura.

Após a colheita foram realizados no laboratório de sementes da UnB (LASE) os seguintes testes: número de vagem por planta (NVP), número de grãos em três plantas (NG3P), número de grão pelo total de plantas (NGTP), determinação do teor de água (TA) antes e após o envelhecimento acelerado de grãos, teste padrão de germinação (TPG), peso de matéria verde (PMV) e peso de matéria seca (PMS), teste de condutividade elétrica (CE), teste de envelhecimento acelerado (EA), emergência de plântulas em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e determinação da produtividade por hectare.

4.4.1 - Quantificação da atividade de urease no solo

A atividade de urease foi determinada segundo método descrito por Tabatabai e Bremmer (1972), com modificações. Em recipientes de vidro com amostras compostas de solo fresco (5g) foram adicionado 9 mL de tampão (pH 9) e 1 mL de solução com ureia ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$), incubado por 2 horas em uma estufa incubadora a uma temperatura de 37°C . Após este período, foram adicionados 35 mL de KCl - Ag_2SO_4 para interromper a reação agitado por alguns minutos e deixado por cerca de 5 minutos em temperatura ambiente. Após esse período adicionou-se 5 mL da solução KCL - Ag_2SO_4 nos recipientes com as amostras para completar 50 mL de solução e agitados por cinco minutos.

Da solução, pipetaram 20 mL e levaram para um microdestilador, adicionando-se 0,2 g de MgO (KEENEY; NELSON, 1982). No microdestilador, o destilado foi recolhido em um béquer com solução de ácido bórico, contendo como

indicadores o vermelho de metila e o verde de bromocresol, sendo titulado com solução padronizada de H_2SO_4 ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$).

Para cada amostra foi feita amostra controle. A atividade da urease foi expressa em $\mu\text{g N-NH}_4^+$ por grama de solo seco por hora.

4.4.2 - Determinação do teor de água nos grãos (TA)

Determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 h. Foram utilizadas duas amostras de 50 sementes para cada parcela (20 parcelas), pesadas em balança de precisão de 0,001g, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com os resultados expressos em porcentagem.

$$\text{TA}(\%) = \frac{\text{PU} - \text{PS}}{\text{PU} - \text{T}} \cdot 100$$

PU= peso grãos úmidos + lata
PS= peso grãos secos + lata
T= tara (lata sem grãos)

4.4.3 - Teste padrão de germinação (TPG) em papel de filtro

No teste padrão de germinação, utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes para cada parcela, distribuídas padronizadamente em papel de filtro, umedecidos em água, com auxílio de um contador de semente de placa perfurada, e posteriormente acondicionada em sacos plásticos. Foram mantidos em germinador de câmara, com ausência de luz, por 5 dias sob temperatura de 25°C . A contagem das plântulas foram feitas no quinto dia, seguindo-se os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

4.4.4 - Peso de matéria seca e de matéria verde

a) peso de matéria verde: após a condução do TPG as plântulas consideradas normais, foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g. O peso obtido foi dividido pelo número de plantas da repetição, calculando-se, assim, o peso médio por planta. A média das quatro repetições foi o peso médio da matéria verde da planta do lote (NAKAGAWA, 1994; 1999).

b) peso de matéria seca: após a condução do TPG no germinador as plântulas normais de cada repetição foram retiradas do substrato e contadas. Estas foram colocadas em recipientes previamente tratados, separados por repetição, e a seguir colocadas para secar em estufa regulada a 100°C , durante 24 horas. Após

este período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas para esfriar em dessecador. As repetições, uma vez esfriadas, foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g, e determinado o peso da matéria seca total das plântulas normais, o qual, dividido pelo número de plântulas componentes, resultou no peso de matéria seca por plântulas expresso em mg plântulas⁻¹ (NAKAGAWA, 1994; 1999).

4.4.5 - Teste condutividade elétrica (CE)

No teste de CE utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes de feijão para cada parcela, foram pesadas com precisão de 0,001g, colocadas em copos plásticos (200 mL), e adicionado 75 mL de água deionizada e mantidas à temperatura de 25° C por 24 horas (VIEIRA, 1994). Após esse período, a condutividade elétrica da solução foi medida em condutivímetro DIGIMED CD-21, com eletrodo de constante 1.0, e os dados obtidos para cada parcela foram expressos em “micro Siemens cm⁻¹ g⁻¹” de sementes.

4.4.6 - Teste envelhecimento acelerado (EA)

Utilizaram-se 100 sementes para cada parcela, distribuídos em caixas de plástico para germinação (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), possuindo em seu interior uma tela de alumínio sobre a qual foram colocadas as sementes. Cada caixa recebeu 40 mL de água destilada e foi mantida em câmara de germinação, tipo BOD, a 42 °C, por 48 h (MARCOS FILHO, 1994). Após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo a contagem de plântulas normais realizada no quinto dia (BRASIL, 2009).

4.4.7 - Emergência de plântulas em campo (EC)

A semeadura foi realizada em canteiro, com duas repetições de 100 sementes para cada parcela, distribuídas manualmente em sulcos de 1,0 m de comprimento e espaçados em 0,10 m, à profundidade de 2 a 3 cm. As contagens das plântulas foram realizadas a partir do sétimo dia do plantio, seguindo até o décimo primeiro dia (NAKAGAWA, 1999).

4.4.8 - Índice de velocidade de emergência (IVE)

O IVE foi obtido durante a condução da emergência das plântulas em campo, seguindo-se as recomendações de Nakagawa (1994), em que foi computado o número de plântulas normais de primeiro até a última contagem junto com o respectivo dia da contagem, esses valores foram aplicados na fórmula (1) para se obter a média dentro de cada repetição.

$$(1) \quad \text{IVE} = \frac{\text{Número de plântulas emergidas}}{\text{Número de dias da contagem}}$$

4.4.9 - Determinação da produtividade

A determinação da produtividade foi feita na área útil das parcelas, representada pelas duas linhas centrais, descartando-se as bordaduras, que corresponde a uma área de 6 m². Foi feita a coleta das plantas dessa área útil, debulhadas manualmente e posteriormente pesadas. A partir do resultado obtido nessa área, foi possível calcular o peso de 100 sementes (PCS), produção de 6 m² (P6M²) e o valor da produtividade por hectare (PHA).

4.5 - Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental para os testes de laboratório adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos com quatro repetições, totalizando 20 parcelas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (BANZATTO; KRONKA, 1995). Os dados foram analisados pelo software “ESTAT”, versão 2.0, desenvolvido pelo Pólo Computacional do Departamento de Exatas da UNESP, Campus de Jaboticabal.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As adubações nitrogenadas não promoveram diferenças de produtividade no feijoeiro (tabela 1).

Pelas informações da EPAMIG (PAULA JUNIOR et al., 2008) as características da cultivar Pérola usada nesta pesquisa, classificada como de hábito de crescimento semi-ereto, apresentou população de plantas na colheita (PPC) acima do mínimo exigido (200 a 250 mil plantas/ha). Contudo, este não influenciou

nos números de vagens (NVP), de grãos em três plantas (NV3P) e grãos pelo total por planta (NGTP).

Tabela 1. Valores médios de população de plantas na colheita por metro (PPC), número de vagens por plantas (NVP), número de grãos em três plantas (NG3P), número de grãos pelo total de plantas (NGTP), quanto ao uso em cobertura nitrogenada da ureia convencional e revestida na cultura de feijão (Agro-UnB, 2013).

TRATAMENTO	PPC	NVP	NG3P	NGTP
1) 100% UC (60 kg/ha) ¹	15,25 a ²	7,41 a	26,10 a	19,68 a
2) 50% UR (30 kg/ha)	18,00 a	7,74 a	29,66 a	21,57 a
3) 100% UR (60 kg/ha)	15,75 a	6,99 a	26,16 a	17,65 a
4) 150% UR (90 kg/ha)	16,75 a	7,83 a	28,50 a	21,10 a
5) 200% UR (120 kg/ha)	16,75 a	8,08 a	28,74 a	19,43 a
Teste F - Tratamentos	1,17 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,75 ^{NS}
Teste F - Blocos	8,96**	4,55*	2,39 ^{NS}	0,41 ^{NS}
DMS (Tukey 5%)	4,42	3,56	17,60	8,07
CV (%)	11,87	20,73	28,05	18,00

¹ Tratamento 1= 100% de ureia convencional (testemunha); tratamento 2= 50% de ureia revestida; tratamento 3= 100% de ureia revestida; tratamento 4= 150% de ureia revestida.

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

^{NS} Valores não significativos; *valores significativos a 5% e **valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 2 os testes de germinação, vigor e emergência de plântulas em campo a qualidade das sementes produzidas em cada tratamento, verificou-se que não existiram diferenças estatísticas significativas ($P>0,05$), com exceção apenas para o teste de condutividade elétrica de embebição das sementes (CE).

O teste de CE avalia o vigor das sementes em nível bioquímico através da integridade ou não das estruturas das membranas celulares e das organelas (AOSA, 1983; VIEIRA, 1994; HAMPTON; TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 1999; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Pelos resultados os tratamentos 3 e 5 apresentaram sementes menos vigorosas do que os tratamentos 1, 2 e 4 (Tabela 2). Vários autores citados por Carvalho (1994) concordaram que a primeira consequência da deterioração de sementes seja a desestruturação dos sistemas membranaís com o resultante aumento da permeabilidade e lixiviação de conteúdos celulares. Assim,

neste trabalho pode-se justificar porque a CE apresentou diferenças estatísticas e os demais testes de vigor não.

Tabela 2. Valores médios de germinação (TPG), em %, peso de matéria verde (PMV), peso de matéria seca (PMS), em g/plântulas, número de plântulas por dia (NPD), envelhecimento acelerado (EA), em %, condutividade elétrica (CE), em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$, índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência de plântulas de campo (EC), em %, quanto ao uso em cobertura nitrogenada da ureia convencional e revestida na cultura de feijão (Agro-UnB, 2013).

TRATAMENTO	TPG	PMV	PMS	NPD	EA	CE	IVE	EC
1) 100% UC (60 kg/ha) ¹	86 a ²	45,4 a	9,09 a	15,1 a	82 a	34,10 b	35,2 a	83,7 a
2) 50% UR (30 kg/ha)	86 a	45,2 a	7,35 a	15,5 a	82 a	31,77 b	34,2 a	85,5 a
3) 100% UR (60 kg/ha)	87 a	41,7 a	9,16 a	15,5 a	84 a	39,64 a	34,5 a	85,7 a
4) 150% UR (90 kg/ha)	82 a	36,7 a	8,88 a	15,1 a	76 a	34,16 b	34,3 a	83,5 a
5) 200% UR (120 kg/ha)	81 a	35,9 a	8,60 a	14,4 a	78 a	40,78 a	31,6 a	79,2 a
Teste F - Tratamentos	0,76 ^{NS}	2,93 ^{NS}	0,53 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,62 ^{NS}	10,72**	0,85 ^{NS}	0,73 ^{NS}
DMS (Tukey 5%)	13,06	11,61	4,44	2,39	18,33	5,04	6,58	13,35
CV (%)	7,09	12,96	23,58	7,22	10,46	7,38	8,87	7,31

¹ Tratamento 1= 100% de ureia convencional (testemunha); tratamento 2= 50% de ureia revestida; tratamento 3= 100% de ureia revestida; tratamento 4= 150% de ureia revestida.

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

^{NS}Valores não significativos e **valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Verificou-se diferença na atividade enzimática do solo quando da aplicação de tipos e dose de ureia ($P < 0,05$) (Tabela 3). Os valores de atividade da urease variaram entre 3 e 52 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$. O uso da ureia revestida (Kimcoat[®]), independente da dose aplicada, promoveu menor atividade da urease quando comparada a ureia convencional.

A aplicação de ureia convencional promoveu elevada atividade enzimática aos 15 dias após a aplicação da cobertura nitrogenada. Em estudo feito por Lanna et al. (2010) em feijoeiro, a máxima atividade de urease ocorreu entre o sétimo e o oitavo dia após a aplicação da ureia, independente do sistema de preparo e do tipo de planta de cobertura do solo. Assim que a ureia é colocada no solo inicia-se a hidrólise do fertilizante, pela ação da urease. Quanto mais intensa a hidrólise, maior é o potencial de perdas de amônia. Maior atividade da urease é indicação de grande população de microrganismos ureolíticos e, conseqüentemente, elevadas taxas de perdas de amônia por volatilização. Fatores climáticos, como temperatura (SENGIK

et al., 2001, LONGO; MELO, 2005), e fatores do solo, como pH, potencial de água, aeração, textura e quantidade de C orgânico (SENGIK et al., 2001), são determinantes da atividade da urease.

Tabela 3. Valores médios da atividade da urease ($\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$) em solo após 15 dias da cobertura nitrogenada realizada com ureia convencional e ureia revestida na cultura de feijão (Agro-UnB, 2013).

TRATAMENTO	ATIVIDADE DA UREASE
100% UC (60 kg/ha) ¹	52,00 a ²
50% UR (30 kg/ha)	4,25 b
200% UR (120 kg/ha)	3,00 b
Teste F - Tratamentos	309,60**
Teste F - Blocos	1,86 ^{NS}
DMS (Tukey 5%)	6,89
CV (%)	16,08

¹ Tratamento 1= 100% de ureia convencional (testemunha); tratamento 2= 50% de ureia revestida; tratamento 3= 200% de ureia revestida.

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

^{NS} Valores não significativos e **valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

O resultado obtido pela ureia revestida (Kimcoat[®]) indica que a presença de polímero recobrindo o grânulo de ureia reduziu a atividade dessa enzima. O inibidor ocupa o local de atuação da urease e inativa a enzima (Mobley & Hausinger, 1989; Kolodziej & Martins, 1992). Assim, retarda o início e reduz o grau da velocidade de volatilização de N-NH₃. Em experimento realizado por Leão (2008) observou-se que o tratamento com 80 kg de ureia polimerizada e 80 kg de ureia com inibidor de urease reduziram significativamente a volatilização do nitrogênio, quando comparadas com 80 kg de ureia comum, confirmando a eficiência dos dois produtos que foram usados para reduzir a volatilização do N-NH₃.

A alta atividade de urease no tratamento com ureia convencional comparada a ureia revestida (Tabela 3) não representou diferença significativa para na produtividade do feijão. O mesmo ocorreu na cultura do milho como descrito por alguns autores, por exemplo Leão e Zavaschi . De acordo com Leão (2008), a ureia polimerizada apresentou perdas de volatilização até 45% menores do que a ureia

tradicional, mas não houve diferença significativa entre ureia comum ou revestida para a variável produtividade. Porém, segundo Zavaschi (2010) demonstrou que a aplicação da ureia com polímeros na cobertura do milho não influenciou significativamente as taxas de volatilização de amônia, o teor de amônio e nitrato do solo, nem a produtividade quando comparado com a aplicação do fertilizante convencional, pois os dois fertilizantes foram liberados de maneira similar devido ocorrência de muita chuva durante a condução do experimento.

Alguns autores observaram a influência que as condições climáticas exercem nos processos de perdas por volatilização, por exemplo, Primavesi et al. (2001) observaram perdas de N por volatilização da ureia entre 1,1% a 52,9% dependendo da dose de ureia aplicada e das condições climáticas (temperatura e umidade) em cada período de avaliação.

Na Tabela 4 foram avaliados o peso de 100 sementes (PCS), a produção das parcelas ($P6M^2$) e a produtividade por hectare (PHA) e não existiram diferenças estatísticas significativas ($P>0,05$).

Os valores do PCS ficaram próximos ao descrito para a cultivar que é 27 gramas (PAULA JUNIOR et al., 2008) e a PHA, reflexo da $P6M^2$, para todos os tratamentos, apresentou valores superiores à média nacional de produtividade na safra de verão considerada a primeira safra que foi de 1131 kg/ha pela CONAB (2013).

As recomendações de fertilizantes, incluindo a adubação nitrogenada em cobertura, foram definidas para atingir metas de produtividade (RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999; SOUSA; LOBATO, 2004) e consideram que a produtividade depende, também, do potencial genético da planta, das condições climáticas, do manejo da cultura, do uso ou não de irrigação e de outros fatores (CANTARUTTI et al., 2007).

Conforme Sousa e Lobato (2004) o feijão é uma exceção em relação às leguminosas que não necessitam de adubação nitrogenada. De acordo com Vieira et al. (2006) a cultura de feijão responde positivamente à aplicação do N, em alguns ensaios, existiram respostas positivas da cultura à dose tão alta como 150 kg/ha. Neste trabalho como mostrado na Tabela 4, não existiram respostas em função do aumento da dose de N com a ureia revestida.

Tabela 4. Valores médios de peso de 100 sementes (PCS), em g, produção em seis metros quadrados (P6M²), em g, produtividade por hectare (PHA), em kg/ha, quanto ao uso em cobertura nitrogenada da ureia convencional e revestida na cultura de feijão (Agro-UnB, 2013).

TRATAMENTO	PCS	P6M ²	PHA
	----- g -----		kg/ha
1) 100% UC (60 kg/ha) ¹	23,86 a ²	968,16 a	1613,61 a
2) 50% UR (30 kg/ha)	24,35 a	885,44 a	1475,73 a
3) 100% UR (60 kg/ha)	25,50 a	849,31 a	1415,52 a
4) 150% UR (90 kg/ha)	24,56 a	796,67 a	1327,50 a
5) 200% UR (120 kg/ha)	23,69 a	740,82 a	1234,71 a
Teste F - Tratamentos	1,01 ^{NS}	1,39 ^{NS}	1,39 ^{NS}
Teste F - Blocos	1,28 ^{NS}	1,21 ^{NS}	1,21 ^{NS}
DMS (Tukey 5%)	3,19	331,35	552,25
CV (%)	5,82	17,33	17,33

¹ Tratamento 1= 100% de ureia convencional (testemunha); tratamento 2= 50% de ureia revestida; tratamento 3= 100% de ureia revestida; tratamento 4= 150% de ureia revestida.

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

^{NS}Valores não significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

A ocorrência de chuvas mal distribuídas após o momento da aplicação nitrogenada - mês de janeiro/2011 (Figura 2) pode ter influenciado na taxa de liberação de N, que depende do tamanho da partícula, mas, também tem importância a umidade, a temperatura e o pH do solo como relatou Catarella (2007). Em algumas situações, aparentemente o emprego de ureia revestida não apresentou vantagens em relação à ureia comum, como observaram Machado e Magalhães (1973), Magalhães (1976) para trigo e arroz. Grove et al. (1980) concluíram que a ureia revestida foi inferior à ureia comum em milho cultivado no Cerrado.

Embora esteja documentado pela pesquisa (TRENKEL, 1997; WEISKE et al., 2001; FRYE, 2005) que os inibidores de nitrificação conseguem manter o N na forma amoniacal por até quatro a seis semanas, reduzindo as perdas por lixiviação, muitos experimentos mostram que nem sempre esse efeito se traduz em ganhos de produtividade.

Resultados como o deste trabalho em que não existiram diferenças nos vários tipos de análises realizadas (Tabelas 1, 2 e 4) entre as duas formas de ureia e nem mesmo com o uso de doses elevadas da ureia revestida, podem de certa forma

serem esperados, como explicou Cantarella (2007), quando se trata de culturas com grande demanda de N em curto período de tempo.

6 - CONCLUSÕES

1. As características agronômicas e a produtividade de grãos não apresentaram diferenças entre as ureias convencional e revestida.
2. O momento da aplicação da ureia revestida deve ser diferente da ureia convencional, para que a ureia revestida tenha tempo de ser gradualmente liberada, absorvida e venha contribuir com a produtividade da planta.
3. O uso de ureia revestida com polímero promoveu diminuição da atividade da urease do solo com a cultura do feijão.

7 - REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. **Cultivo do feijoeiro comum**: características da cultura. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>, (julho de 2012).
- AOUADA, F. A. Moura, M. R.; Menezes, E. A. M.; Nogueira, A. R.A.; Mattoso, L. H. C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v 32, n.4, p.1643-1649. 2008.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C.O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira: 2011/2013 (Série Documentos)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. p.15-20.
- BRAGA, J.M. et al. Vinte ensaios de adubação N-P-K da cultura do feijão na Zona da Mata-MG. **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.111, p.370-380, 1973.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 2009. 399p.
- BONSANELLO, J. VIEIRA, C.; SEDIYAMA, C.S. Ensaio de adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão na Zona metalúrgica de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.22, n.124, p.423-428, 1975.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; PIETRO, H.E.; NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.769-850.
- COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, v.12, n.139, p.63-68, 1986.
- CARVALHO, N.M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.01-30.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, quarto levantamento, janeiro 2013. Brasília: CONAB, 2013. 29p. (Disponível em: www.conab.gov.br).

EMBRAPA. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/cultivares.htm>. Acesso: Jan. 2012.

FANCELLI, A.L. A importância do enfoque sistêmico na produção agrícola. **Summa Phytopatologia**, v.20, p.61-63, 1994.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; TSUMANUMA, G.M. Adubação de sistemas de produção. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia & produção**. Piracicaba: ESALQ/USP/LVP, 2005. p.114-130.

FERREIRA, A.C.B.; ANDRADE, M.J.B.; ARAÚJO, G.A.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v.25, n.223, p.61-72. 2004.

FERREIRA, E.V. **Vamos economizar fertilizantes mantendo a nutrição das plantas?** 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21626&secao=Not%C3%ADcias>. Acesso: 07 Nov. 2012.

FIGUEIREDO C.C. et al. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p.446-452, jul-set, 2012

FRYE, W. Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. **Proceedings...** Paris, International Fertilizer Industry Association, 2005. 8p. (CD-ROM).

GROVE, T.L.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN JR., G.C. Nitrogen fertilization of maize on an Oxisol of the Cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, v.72, p.261-265, 1980.

GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. **Revista Laranja**, v.24, n.2, p.507-518, 2003.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zurich: ISTA, 1995. 117p.

GUARESCHI, R. F. et al. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 643-648, jul./ago., 2011.

KAPPES, C.; FERREIRA, J.P. Fertilizantes de liberação gradual, inovação na agricultura. **Revista Campo & Negócios**, n.74, p.18-19, 2009.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen inorganic forms. In: PAGE, A.L. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part 2. Madison: American Society of Agronomy, p.643-698, 1982.

LANNA, A. C.; SILVEIRA, P.M; SILVA, M.B.; FERRASI, M.T.; KLIEMANN, H.J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistema de plantio. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, n.6, p.1933-1939,

2010.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.2, p.363-376, 2000.

LEAO, A.F. **Volatilização de amônia resultante da aplicação de ureia na cultura de milho safrinha, utilizando coletores semi-aberto estático**. Jataí, 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí, 2008.

LONGO, R.M.; MELO, W.J. Atividade da uréase em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.29, p.645-650, 2005.

MACHADO, C.P.; MAGALHÃES, A.F. Eficiência da ureia e da ureia recoberta com enxofre no rendimento de arroz irrigado. **Agronomia Sulriograndense**, v.9, p.195-203, 1973.

MACHADO, V.J. **Resposta da cultura do milho aos fertilizantes fosfatados e nitrogenados revestidos com polímeros**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2012.

MAGALHÃES, A.F. Eficiência da ureia recoberta com enxofre na cultura do trigo. **Agronomia Sulriograndense**, v.12, p.133-140, 1976.

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônomo de Campinas - IAC/Pós-Graduação. Campinas, SP, 2009.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYŻANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-1 a 1-20.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p.133-149.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press.1995.889p.

MELLO PRADO, R. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

PATTO RAMALHO, M.A.; ABREU, A.F.B.; CARNEIRO, J.E. Cultivares. **Informe Agropecuário**, v.25, n.223, p.21-32, 2004.

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de**

sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. 1999. cap. 2, p.1-24.

NYBORG et al. **Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade.** Boca Raton: CRC Lewis Publishers. 1995.

PAULA JUNIOR, T.J.; VIEIRA, R.F.; TEIXEIRA, H.; COELHO, R.R.; CARNEIRO, J.E.S.; ANDRADE, M.J.B.; REZENDE, A.M. (Coords.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira: 2007-2009.** Viçosa: EPAMIG-CTZM, 2008. 180p. (Série Documentos, 42).

PRIMAVESI, O. ; CORREA, L. A.; PRIMAVESI, A.C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M.J.A. Adubação com ureia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. *Coastcross* sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa. Pecuária Sudeste, 2001. 42 p. (circula Técnica, 30).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: IAC/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.353-416.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, n.68, 1994. Encarte Arquivo do Agrônomo, n.7, p.1-16.

SENGIK, E.; KIEHL, J.C.; SILVA, M.A.G.; PALANGANA, D.C. & LAWDER, M.R. Perdas de amônia em solo e de resíduos orgânicos autoclavados e tratados com uréia. *Acta Sci.*, n.23, p. 1099-1105, 2001.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. V. A.; HIGASHI, E. N.; PAULA, T. A. e; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F. A. **Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*.** In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 2., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF-ESALQ, 1999. p. 120-125.

SHAVIV, A. Controlled release fertilizers. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED- EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005; **Proceedings.** Paris, Internacional Fertilizer Industry Association, 2005. 13 p. (CD-ROM).

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.121-153.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Assay of urease activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.4, p.479-487, 1972.

TRENKEL, M.E. **Improving fertilizer use efficiency**: controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1997. 151p.

TRENKEL, M.E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: An Option for Enhancing Nutrient Efficiency in Agricultura. 2.ed, Paris: IFA. 2010.

TOMASZEWSKA, M.D.; JAROSIEWICZ, A.; KARAKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Desalination**, Hopkinton, v. 146. P. 319-323, 2002.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM A. **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006. 600 p.

VIEIRA, B.A.R.M. de; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v.41, n.3, p.4-8, 2004.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no estado de Minas. Viçosa: UFV, 1998. p.123-151.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-132.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.4-1 a 4-26.

WEISKE, A.; BENCKISER, G.; HERBERT, T.; OTTOW, J.C.G. Influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison with dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbono dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, p.109-117, 2001.

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes as controlled delivery systems for different fertilizers. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v.39, n.3, p.367-371, 2000.

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros**. 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.