



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

EFEITO DO LITHOTHAMNIUM EM CONSÓRCIO COM URÉIA
CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMERO NA CULTURA DO
MILHO

MURILO HENRIQUE DE DEUS BERNARDES



Abril – 2013
MURILO HENRIQUE DE DEUS BERNARDES

EFEITO DO LITHOTHAMNIUM EM CONSÓRCIO COM URÉIA
CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMERO NA CULTURA DO
MILHO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Regina Maria
Quintão Lana

Co-orientadora: Dra. Adriane de Andrade
Silva



Uberlândia - MG
Abril - 2013
MURILO HENRIQUE DE DEUS BERNARDES

EFEITO DO LITHOTHAMNIUM EM CONSÓRCIO COM URÉIA
CONVENCIONAL E REVESTIDA COM POLÍMERO NA CULTURA DO
MILHO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 10 de abril de 2013.

Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana
Orientadora

Dra. Adriane de Andrade Silva
Co-orientadora
Membro da Banca



Eng. Agrº. Pedro Afonso Couto Junior
Membro da Banca

Sumário

1 - Introdução

A cultura do milho é de grande importância, pois além de uma commodity, é a base da alimentação animal e em muitos casos, humana. Muitas tecnologias estão sendo desenvolvidas com o intuito de ampliar a produtividade desta cultura. Entre as tecnologias mais importantes encontra-se a melhoria da fertilidade do solo e nutrição de plantas.

A uréia é a fonte de nitrogênio mais utilizada no Brasil. Devido a ação da enzima urease, a eficiência da adubação nitrogenada tendo como fonte a uréia é um grande desafio a ser resolvido na agricultura, aumentando a produtividade das culturas e diminuindo gastos excessivos com adubação.

Atualmente, estão disponíveis no mercado fontes de fertilizantes revestidos com polímeros que têm o objetivo de proteção quanto às possíveis perdas como a volatilização e lixiviação promovendo uma liberação mais gradual e segura.

O lithothamnium é reconhecido pelo seu potencial corretivo do solo, pois é fonte de cálcio e magnésio (FÁZIO, 1989; Miranda, 1985), entre outros. Em função da sua grande superfície específica e característica física de possibilitar a retenção de nutrientes, levantou-se a idéia de que essa fonte poderia potencializar o uso de fertilizantes em função da manutenção de mais cargas, às quais poderiam ser adsorvidas os nutrientes. Estima-se que a adição de 20% de lithothamnium juntamente com a adubação promove esse efeito.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do Lithothamnium associado com uréia convencional e uréia revestida com polímero, aplicados em diferentes doses sem incorporação, na absorção de nutrientes, massa de mil grãos e produtividade na cultura do milho.

Palavras-chaves: fonte de N revestida, eficiência da adubação, alga marinha, *Zea mays*.

2 - Revisão de literatura

O milho (*Zea mays*), pertencente à família das Poaceae, à tribo Maydeae e ao gênero *Zea*, possui grande importância mundial devido os seus grãos serem utilizados para alimentação animal e/ou humana, espessantes e colantes, produção de óleos e, recentemente a Europa e os Estados Unidos tem incentivado sua utilização para a produção de etanol (SILVA et al., 2009), com isso encarecendo o uso desse cereal para fins alimentícios diretos e indiretos.

Com relação à produção mundial de grãos de milho no ano agrícola de 2009 foi produzido o montante de 817 milhões de toneladas, da qual os Estados Unidos foram responsáveis com 333 milhões de toneladas, a China com 163 milhões de toneladas e o Brasil com 51 milhões de toneladas (FAO, 2010).

Segundo a FAO (2010), enquanto os Estados Unidos cultivam uma área de 32 milhões de hectares em que obtiveram uma produtividade média de 10,3 t ha⁻¹ de grãos, a China obteve 5,4 t ha⁻¹ de grãos numa área de 30 milhões de ha, a Argentina 5,6 t ha⁻¹ de grãos em 2,3 milhões de ha e o Brasil com uma área de 13,8 milhões de ha alcançou uma produtividade média de grãos de apenas 3,7 t ha⁻¹. Essa baixa produtividade se deve ao fato que 43% da área cultivada com o grão no país é destinada à subsistência, ou seja, os agricultores utilizam baixa tecnologia, sendo que apenas 11% dos agricultores fazem uso de alta tecnologia para produção (VON PINHO, 2001).

A produção de milho no Brasil tem se caracterizado pela divisão da produção 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). A "safrinha", ou segunda safra, 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 primeira safra (2011/2012), em relação à área plantada, destacou-se o estado do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 1,15 milhões de hectares plantados com a cultura do milho. Em relação à produtividade obtida na mesma safra, destacou-se o estado de Goiás, com uma média de 8.000 kg ha⁻¹. Já na segunda safra (2011/2012), em relação à área plantada, destacaram-se os estados do Paraná e Mato Grosso, com aproximadamente 1,9 e 2,5 milhões de hectares plantados com a cultura, respectivamente. Em relação à produtividade, os estados de Goiás e Minas Gerais se destacaram com média de aproximadamente 5.100 kg ha⁻¹ (Rural Centro, 2012).

Verifica-se um decréscimo na área plantada no período da primeira safra, em decorrência da concorrência com a soja, o que tem sido parcialmente compensado pelo aumento dos plantios na "safrinha". Embora realizados em uma condição desfavorável de clima, os plantios da "safrinha" vem sendo conduzidos dentro de sistemas de produção que têm sido gradativamente adaptados a estas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras (EMBRAPA, 2006).

A cultura do milho é afetada por uma série de fatores tais como as próprias variedades ou híbridos, o solo, a adubação, o clima, as práticas culturais, as pragas e as doenças (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI-FILHO, 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 conexos, proteína, clorofila e muitas enzimas essenciais que estimulam o crescimento e o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006), por isso é o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura do milho e, também o mais limitante para a mesma.

A exigência de N pelas plantas é consequência da sua função estrutural, pois ele faz parte da molécula de compostos orgânicos, como os aminoácidos e proteínas, sendo ainda ativador de muitas enzimas (MALAVOLTA, 2006). O vegetal também depende do N para realização de vários processos vitais da

planta, como síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006), proporcionando uma vegetação verde e abundante, aumento na folhagem e nos teores de proteínas das plantas alimentícias, rápido crescimento e auxílio aos microrganismos do solo para a decomposição da matéria orgânica (MALAVOLTA, 2006).

Por ter essas características, o N é o elemento que causa maiores efeitos no aumento de produção da cultura do milho, conforme comprovado por ARAÚJO et al. (2004), GOMES et al. (2007) e DUETE et al. (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 sua absorção pelas plantas ocorre na forma nítrica (NO_3^-) e/ou amoniacal (NH_4^+) enquanto a maior parte do nitrogênio do solo se encontra em combinações orgânicas, sendo essa forma indisponível para os vegetais (MALAVOLTA, 2006).

Para Fontoura (2003), embora diversos fatores influenciem na resposta da cultura ao N, a sua aplicação em cobertura normalmente proporciona incrementos no rendimento de grãos. No entanto diz que é prudente observar o estágio fenológico para a realização da adubação, dando-se preferência às etapas iniciais de desenvolvimento da planta.

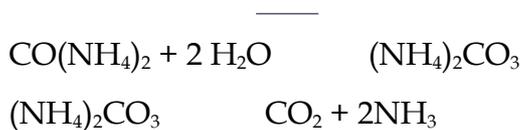
De uma maneira geral, a absorção de N pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 dias após a germinação, mas a planta ainda absorve pequena quantidade na germinação e após o início do florescimento, caracterizando dessa forma três fases para absorção: uma fase no crescimento inicial lento (germinação), uma fase no crescimento rápido onde 70 a 80% de toda a matéria seca são acumulada e, uma última fase de absorção na qual o crescimento é novamente lento, acumulando cerca de 10% de massa seca total da planta (VASCONCELLOS et al., 1998).

O baixo aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas é fato bastante conhecido, o qual é consequência dos diversos processos de transformação e perdas do nitrogênio no solo, tais como imobilização,

desnitrificação, lixiviação e volatilização. Dentre os mecanismos de transformação do nitrogênio aplicado no solo, a volatilização de NH_3 é um dos que mais contribuem para a baixa recuperação do N pelas culturas, sobretudo quando a fonte utilizada é a uréia e esta é aplicada sobre a palha (VITTI et al., 2005).

GHIBERTO et. al. (2009) menciona que a eficiência no uso do fertilizante nitrogenado pela cultura do milho não passa de 50%, sendo para a maioria dos cereais de aproximadamente 33%, principalmente para cultivos realizados nas estações mais quentes e chuvosas do ano, que favorecem o aumento no potencial de perdas de N no sistema.

Isso ocorre devido a ação da enzima urease, que promove a quebra da molécula de ureia na presença de água, liberando gás carbônico e amônia que é volatilizada, diminuindo assim significativamente a eficiência da adubação nitrogenada tendo como fonte de N a uréia. Esse processo ocorre como representado na reação abaixo:



Devido a enzima urease estar presente em maiores concentrações na camada mais superficial do solo (0-5 cm), uma alternativa encontrada para a melhor eficiência da adubação nitrogenada é a incorporação da uréia no solo pouco abaixo dos 5 cm, fazendo com que a ação da urease seja desfavorecida. Outro fato que desfavorece a ação dessa enzima é a incorporação da uréia pela chuva que, ao cair no solo e sobre os grânulos de ureia, promove a sua diluição e consequente incorporação abaixo dos 5 cm de atuação da urease.

Mas, devido as áreas de cultivo muitas vezes, serem muito extensas, a incorporação da uréia pode atrasar a programação de adubação, além de aumentar os custos com equipamentos, combustível, mão-de-obra, entre outros. Por isso, o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de diminuir as perdas do N aplicado superficialmente no solo ou sobre a palha, não só reduz

custos de aplicação como também garante uma melhor eficiência da adubação nitrogenada, garantindo assim uma maior produtividade.

A baixa eficiência de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, significa baixa produtividade e baixos lucros. Avanços e pesquisas são desenvolvidos no sentido de contornar esses inconvenientes. Fontes alternativas com novas tecnologias como revestimento com polímeros, inibidores de urease e interação de nutrientes, tendem a reduzir essas perdas aumentando a eficiência do adubo e rendimento da cultura.

Neste sentido, há uma demanda de se conhecer como as fontes de tecnologias diferenciadas se comportam em solos com diferentes classes de fertilidade, diferentes texturas e sistemas de manejo (convencional e plantio direto). Como cada vez mais os produtores rurais têm a sua disposição produtos diferenciados, o poder de convencimento sobre o seu efeito no sistema solo-planta deve ter um embasamento técnico-científico, principalmente quando o custo desta tecnologia é diferenciado.

Dentre as várias fontes de nitrogênio utilizadas na cultura do milho a ureia é a mais empregada no Brasil. Isso se deve a sua alta solubilidade em água, a adequada assimilação dos produtos de sua hidrólise pelas plantas e ao teor de N no fertilizante (45% de N), o que favorece o transporte, estocagem, manuseio e aplicação no campo, no solo ou por via foliar (CANTARELLA, 1992).

Bockman e Olfs (1998) explicaram que o uso de inibidores de urease pode reduzir a hidrólise das moléculas de ureia diminuindo dessa maneira as perdas por volatilização de amônia.

Bono et. al. (2008) sugeriram como alternativa para a redução das perdas de N o envolvimento do grânulo de uréia por algum produto menos higroscópico, que permitisse a lenta liberação do N-uréia, e aumentasse sua eficiência de utilização pelas culturas.

Os fertilizantes revestidos podem ser de dois tipos: estabilizadores, e de lenta liberação ou liberação controlada (CHIEN; PROCHNOW; CANTARELLA, 2009). Os fertilizantes estabilizadores são geralmente solúveis em água, e recobertos com aditivos ou polímeros que têm a capacidade de alterar ou inibir

os processos enzimáticos e microbianos do solo, enquanto os fertilizantes de lenta liberação ou liberação controlada apresentam baixa solubilidade em água, e permitem a lenta liberação de N ao sistema, por um determinado período de tempo.

Do ponto de vista econômico e ambiental, a dose de N a ser aplicada, é a decisão mais importante no manejo de fertilizantes. Nessa recomendação deve se levar em consideração às condições edafoclimáticas, sistema de cultivo (sistema plantio direto ou convencional), época de semeadura, responsividade do material genético, rotação de culturas, época e modo de aplicação, fontes de N, aspectos econômicos e operacionais (BOBATO, 2006).

Deve se ter cautela para recomendar a dose de N a ser utilizada, haja vista que se subestimada, ocorrerá a redução da produtividade e, quando superestimada, diminuem a rentabilidade do produtor pelo gasto desnecessário com fertilizantes, além de afetar o meio ambiente, em consequência das perdas de N em decorrência do excesso disponível (ARGENTA et al. 2003).

Devido a isso, a utilização de insumos que aumentem a eficiência de absorção do N proveniente dos fertilizantes nitrogenados pela cultura do milho, pode consistir em uma alternativa para se obter maiores produtividades com menores doses de fertilizantes, gerando assim maiores lucros.

Além do nitrogênio, outros nutrientes como cálcio e magnésio possuem grande importância para a cultura do milho assim como para várias outras culturas. Nesse sentido, o estudo de como esses nutrientes atuam na planta e no solo se torna de suma importância.

Uma das principais funções do cálcio é na estrutura da planta, como integrante da parede celular, e sua falta afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, sendo também indispensável para a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico.

A sua absorção na planta ocorre na forma de cátion bivalente (Ca^{2+}) e o seu transporte ocorre pelo xilema nessa mesma forma iônica.

Em decorrência de a maior parte dos solos deficientes em Ca ser de reação ácida, um bom programa de calagem pode adicionar Ca de modo eficiente ao

sistema. Tanto o calcário calcítico como o dolomítico são fontes excelentes desse nutriente. O gesso também pode suprir Ca quando o pH do solo já está suficientemente elevado e não necessita de calagem. O superfosfato simples, que contém gesso, e também em menor intensidade o superfosfato triplo podem adicionar Ca ao solo (Vitti & Luz, 2004).

Os sintomas de deficiência desse nutriente nas plantas de milho podem se apresentar pela dilaceração das margens foliares, clorose internerval nas folhas novas e morte da região de crescimento.

Entre as principais funções do magnésio nas plantas destaca-se a sua participação na clorofila, na qual o Mg corresponde a 2,7 % do peso molecular, é também ativador de um grande número de enzimas e contribui para a “entrada” de P na planta.

A sua absorção na planta ocorre na forma de cátion bivalente (Mg^{2+}) assim como o cálcio e o seu transporte ocorre pelo xilema nessa mesma forma iônica.

A fonte mais comum de Mg é o calcário dolomítico – um material com Ca e Mg que corrige a acidez do solo. Outras fontes incluem o sulfato de Mg, o óxido de Mg, as escórias básicas, o sulfato K e Mg e os termofosfatos. No Brasil, são bastante comercializados os calcários dolomíticos calcinados, que apresentam 26 a 32 % de Ca e 9 a 15 % de Mg, constituindo-se em excelentes fontes desses nutrientes (Vitti et al., 2006).

Os sintomas de deficiência desse nutriente nas plantas de milho podem se apresentar pela clorose internerval e amarelecimento foliar dos bordos para o centro nas folhas mais velhas.

A busca por novos insumos agrícolas é de suma importância para uma agricultura sustentável e ecologicamente viável. Nesse contexto, é necessário que se conheçam os fatores que influenciam a disponibilidade de nutrientes, advindos da correção do solo e melhoria da sua fertilidade, pelo uso de novos insumos.

Nesse sentido, o Lithothamnium torna-se uma alternativa para adição de Ca e Mg no solo e, com isso, suprir as necessidades do sistema solo-planta quanto a esses elementos.

O *Lithothamnium* é uma alga marinha calcária encontrada em todos os mares do mundo. É utilizado, há anos, em países europeus e asiáticos em diversos segmentos e indústrias, notadamente na Nutrição Vegetal e na Nutrição Animal. Os principais países consumidores são: Brasil, França, Inglaterra, Irlanda, Holanda, Itália, Alemanha e Japão, entre outros.

As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo ainda mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr (DIAS, 2000).

Há muito tempo se tem utilizado o *Lithothamnium* nas costas francesa, inglesa e irlandesa para correção de solos ácidos e/ou deficientes em cálcio. Nessas regiões, o produto é conhecido pelo nome de Calcified Seaweed ou “maërl” , sendo composto de esqueleto remanescente de *Phytamolithium calcareum* e *Lithothamnium corraloides*.

O Brasil é comprovadamente o país que detém as maiores reservas de *Lithothamnium* do mundo, seja em quantidade ou qualidade, sendo os depósitos de algas calcificadas do grupo das Melobesiae encontrados desde a Região Amazônica até o sul do Rio de Janeiro, numa extensão de cerca de 4.000 km, com reservas ainda não conhecidas. Esses fundos de Melobesiae, livres da plataforma continental, localizam-se próximo ao litoral, e com sua relativa facilidade de exploração e processamento, podem-se constituir em alternativa de produto para fins agrícolas (Kempf, 1974).

O produto extraído é o sedimento produzido a partir das algas marinhas tipo *Lithothamnium*. Através da corrente marítima, os fragmentos e esporos da alga viva que formam o banco de rodolitos (estrutura formada pelo crescimento da alga em camadas que, ao morrer deposita carbonatos e diversos outros nutrientes da água do mar) são arrastados e após sua morte, formam uma bancada de sedimentos biodetríticos, de onde é extraído a matéria prima para a fabricação do produto comercial (ALGAREA S.A., 2013).

As principais aplicações e os benefícios esperados com seu uso são:

Na nutrição humana, onde atua como repositor nutricional e excelente fonte de cálcio, na nutrição animal, por aumentar a produção em gado leiteiro, cabras

e outros animais, melhorar a conversão alimentar, melhorar a saúde do animal, ser fonte nobre de cálcio e agregar macro e micronutrientes à nutrição animal (ALGAREA S.A., 2013).

Na nutrição vegetal, esse produto apresenta benefícios como: aumento da produtividade, aumento da sanidade da planta, complementação à nutrição tradicional (NPK), agregando macro e micronutrientes, melhoria das condições do solo, otimizando a absorção de nutrientes e por ser uma fonte nobre de cálcio (ALGAREA S.A., 2013).

Além das aplicações já mencionadas, o lithothamnium apresenta outras aplicações, dentre elas: tratamento de água, biotecnologia, produção de cosméticos, na medicina, produção de aço e alumínio, pelletização de minério de ferro, entre outras (ALGAREA S.A., 2013).

O produto **ALFERTIL®** é um fertilizador de solos e culturas produzido com exclusividade pela Algarea S.A. a partir do Lithothamnium (ALGAREA S.A., 2013).

É um poderoso aliado dos fertilizantes tradicionais (NPK e/ou orgânicos) maximizando a resposta das culturas porque complementa a nutrição, agregando macro e micronutrientes naturais, de alta qualidade e prontamente assimiláveis, aumenta a absorção de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, estimula o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a eficiência de absorção e a resistência às secas, mantém o pH do solo na faixa ideal de absorção de nutrientes desde a fase inicial até o final do ciclo da planta (ALGAREA S.A., 2013).

ALFERTIL® é indicado para todas as culturas economicamente viáveis e tipos de solos cultiváveis, apresentando os seguintes benefícios principais: aumento da sanidade da planta, aumento da produtividade, aumento da resistência/tolerância das plantas a doenças e ao ataque de insetos, maior durabilidade dos produtos na fase pós-colheita, estimula o enraizamento, redução de custos com a redução da adubação em até 40% (ALGAREA S.A., 2013).

A melhoria na eficiência de adubação proporcionada pela aplicação do ALFERTIL® pode ser explicada por dois fatores: sua alta porosidade, o que contribui para uma melhor estruturação do solo e, com isso um melhor desenvolvimento radicular das culturas, otimizando assim a absorção de nutrientes pelas raízes da planta e, pela sua fina granulometria (400 mesh), o que lhe confere alta superfície específica fazendo com que sua reatividade no solo seja alta, liberando os nutrientes de sua composição para o solo com maior facilidade e velocidade (ALGAREA S.A., 2013).

A composição e níveis de garantia do produto de acordo com o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento conta com teores de 32% de cálcio, 2% de magnésio e 0,2% de cloro (ALGAREA S.A., 2013).

Nesse sentido, o estudo de novas tecnologias que possibilitem a melhor eficiência da adubação nitrogenada, principalmente tendo como fonte a uréia, se faz necessário, visto que as perdas do nitrogênio aplicado no solo são um grande prejuízo e um desafio à agricultura moderna. Sendo assim, pesquisas com o uso do lithothamnium como potencializador da eficiência da adubação com ureia são ainda uma novidade na agricultura que precisa ser avaliada, além de ser uma importante fonte de nutrientes para as plantas, principalmente cálcio e magnésio.

3 - Material e Métodos

3.1- Localização e implantação do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 2010 e conduzido até fevereiro de 2011, no Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia localizado no município de Uberlândia - MG. A sede do Instituto se encontra nas coordenadas geográficas 18° 46" 12' de latitude sul e 48° 17" 17' de longitude oeste.

3.2 - Caracterização físico-química do solo

O solo da área deste experimento se classifica como Latossolo Vermelho, textura muito argilosa (121 g kg⁻¹ de areia grossa, 69 g kg⁻¹ de areia fina, 24 g kg⁻¹ de silte e 806 g kg⁻¹ de argila) cujas características químicas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização do Latossolo Vermelho Escuro, antes da aplicação dos tratamentos, Uberlândia - MG, 2010.

P	K	SO ₄ ⁻	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	MO
-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c 3-----				dm ⁻	cmol _c dm ⁻³	--%--	dag kg ⁻¹
9,5	34	4	0,4	0,4	0,1	4,30	0,59	4,89	12	2,6
pH		B		Cu		Fe		Mn		Zn
H ₂ O	-----mg dm ⁻³ -----									
5,2		0,12		1,2		66		1,2		0,4

P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão - SMP a pH 7,5) pH H₂O (1:2,5); SB = Soma de Bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; M.O. = Matéria Orgânica M.O. = Método Colorimétrico (EMBRAPA, 2009).

3.3 - Caracterização da sementeira e população na cobertura

Foi usado no plantio o adubo formulado 08-28-16, na dose de 350 kg por hectare.

Utilizou-se o híbrido simples “Impacto” da empresa Syngenta, semeado no sistema de sementeira direta com espaçamento de 90 cm e uma população média na cobertura de 60.000 plantas por hectare.

3.4 - Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) com 4 repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os fatores da parcela as doses e

fontes de N e o fator da subparcela o lithothamnium, totalizando 8 tratamentos, 32 parcelas e 64 subparcelas.

Cada subparcela foi composta por 8 linhas de 3,5m cada. A área útil foi composta por 4 linhas de 2,5m cada.

3.5 - Tratamentos

Os tratamentos foram compostos por duas fontes de nitrogênio (uréia convencional (Empresa: Fertilizantes Heringer) e uréia revestida com polímero (Uremax NBPT/ Empresa: Adfert)), nas doses de 0, 60, 100 e 140 kg de N. ha⁻¹, aplicados sem incorporação, com e sem Lithothamnium (ALFERTIL® / Empresa: Algarea S.A.), sendo a dose de Lithothamnium correspondente a 20% da dose de uréia.

Tratamentos (ha⁻¹):

1. 0 kg de N / 0 kg de u.c. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 0 kg de litho
2. 60 kg de N / 133,3 kg de u.c. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 26,6 kg de litho
3. 100 kg de N / 222,2 kg de u.c. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 44,5 kg de litho
4. 140 kg de N / 311,1 kg de u.c. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 62,2 kg de litho
5. 0 kg de N / 0 kg de u.p. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 0 kg de litho
6. 60 kg de N / 133,3 kg de u.p. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 26,6 kg de litho
7. 100 kg de N / 222,2 kg de u.p. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 44,5 kg de litho
8. 140 kg de N / 311,11 kg de u.p. / parcela - 0 kg de litho / subparcela - 62,2 kg de litho

(u.c. - uréia convencional / u.p. - uréia polimerizada / litho - lithothamnium)

Parcela: sem lithothamnium

Subparcela: com lithothamnium

3.6 - Avaliações realizadas

Para avaliar a absorção de nutrientes pela cultura do milho, foram retiradas 15 folhas por parcela, sendo extraída a primeira folha acima da inserção da inflorescência feminina em R1 (embonecamento e polinização).

As amostras foliares foram etiquetadas e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS) para análise de macro e micronutrientes.

Para avaliar a massa de mil grãos (MMG) foi utilizada a metodologia presente nas Regras para Análise de Sementes (RAS - BRASIL, 2009).

A produtividade foi avaliada retirando-se a massa dos grãos das espigas colhidas das duas linhas centrais da área útil, sendo colhidas manualmente todas as espigas de 2 (dois) metros em cada linha e os dados obtidos foram utilizados para estimar a produtividade em quilogramas por hectare.

3.7 - Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância que foi feita pelo teste F, a 5% de probabilidade. Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para avaliação das variáveis qualitativas (fontes de N e presença ou ausência do lithothamnium) e, pela análise de regressão para avaliação das variáveis quantitativas (doses de N).

4 - Resultados e Discussão

Tabela 2: Análise de Variância para os teores de N, Ca e Mg (g kg^{-1}) foliar.

FV	N		Ca		Mg	
	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc
UREIA	0.635	0.4345	1.241	0.2779	0.253	0.6203
DOSES	26.756	0.0000	0.200	0.8956	0.584	0.6322
UREIA*DOSES	1.058	0.3879	0.901	0.4572	0.197	0.8976
BLOCO	2.123	0.1277	3.601	0.0305	8.659	0.0006
LITHO	0.439	0.5140	1.514	0.2305	1.093	0.3062
LITHO*UREIA	0.257	0.6166	0.025	0.8769	1.093	0.3062
LITHO*DOSES	0.054	0.9834	0.646	0.5928	1.498	0.2404
LITHO*UREIA*DOSES	0.333	0.8018	1.671	0.1997	1.104	0.3668
	CV 1 (%) = 11.28		CV 1 (%) = 24.33		CV 1 (%) = 29.64	
	CV 2 (%) = 7.80		CV 2 (%) = 19.86		CV 2 (%) = 22.18	
	Média geral: 26.8390		Média geral: 2.8140		Média geral: 1.5093	

Observa-se na tabela de análise de variância que, para o teor de nitrogênio presente na folha, houve diferença estatística ($(Pr>F_c) < 0,05$) apenas entre as doses de N, sendo assim serão apresentados as comparações referentes apenas à análise de regressão para as doses de N.

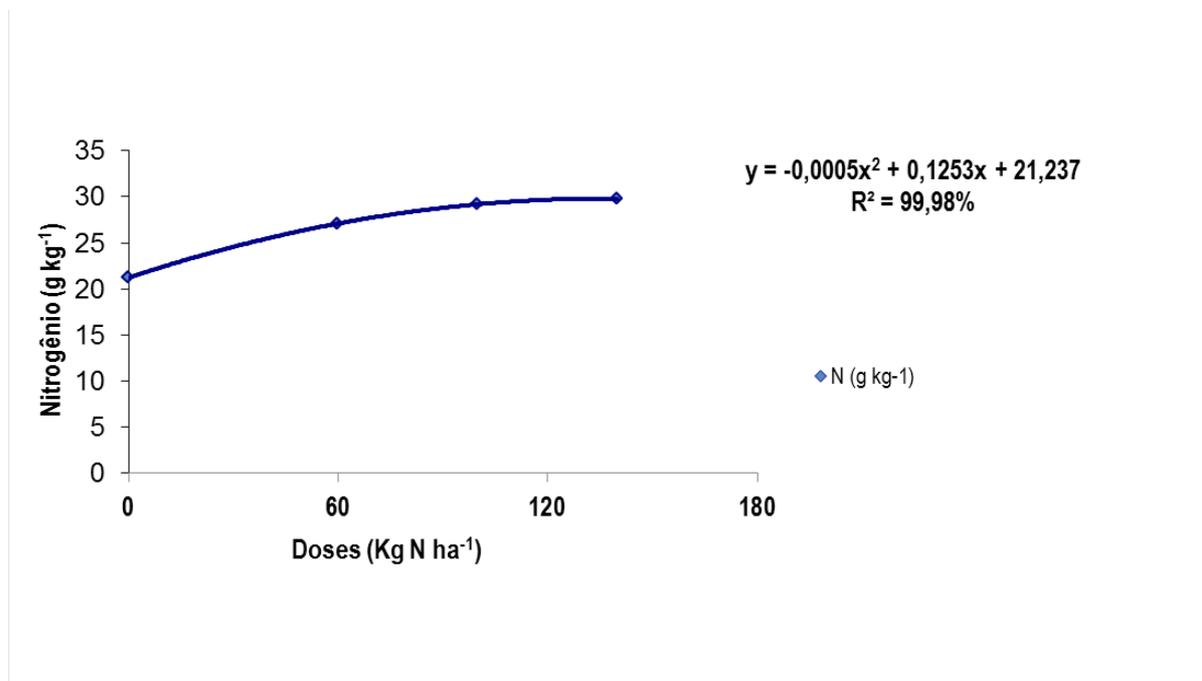


Figura 1: Teor de N (g kg^{-1}) presente nas folhas de milho nas diferentes doses de N, independente da fonte de N e da presença ou ausência do lithothamnium.

Não houve diferença significativa quanto às fontes de N avaliadas, nem quanto a presença ou ausência do lithothamnium.

Isso pode ter acontecido devido a ocorrência de chuvas logo após a aplicação dos tratamentos e durante o período de duração do experimento, em intensidade suficiente para promover uma eficiente absorção da uréia convencional, diminuindo a sua volatilização, reduzindo assim a diferença entre as fontes de N (uréia convencional e uréia polimerizada).

Essa diferença entre as fontes de N estudadas são mais pronunciadas quando ocorrem situações desfavoráveis à utilização da uréia convencional como, por exemplo, escassez de chuvas e altas temperaturas, principalmente quando aplicadas superficialmente no solo ou sobre a palha, aumentando assim a

volatilização da amônia derivada da quebra da molécula de uréia pela enzima urease.

Observou-se que com o aumento das doses de N houve um incremento nos teores desse nutriente presente nas folhas de milho, sendo que na maior dose de N aplicada ($140 \text{ kg de N ha}^{-1}$) foi encontrado o maior teor de N foliar (aproximadamente 30 g kg^{-1}) e, na ausência de N aplicado em cobertura o teor foliar foi de aproximadamente 21 g kg^{-1} .

FERREIRA (2012) através de experimento realizado com diferentes fontes de N na cultura do milho, concluiu que o acúmulo de N pelas plantas de milho não diferiu entre as fontes testadas (uréia convencional e uréia polimerizada) e que o incremento nas doses de N, para a média das fontes, promoveu efeito positivo no acúmulo deste nutriente pelas plantas de milho, sendo estes resultados semelhantes aos encontrados nesse experimento.

Zavaschi (2010) não encontrou diferença significativa nos teores foliares de N nas plantas de milho, comparando-se as fontes desse nutriente (uréia polimerizada e convencional).

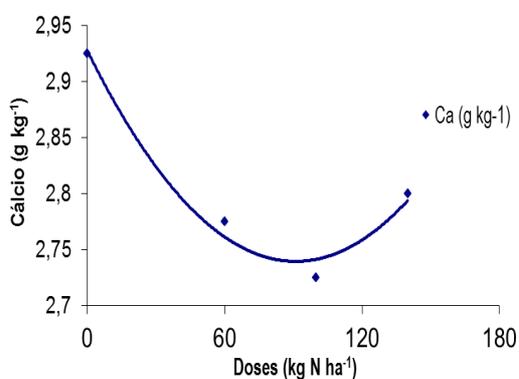


Figura 2

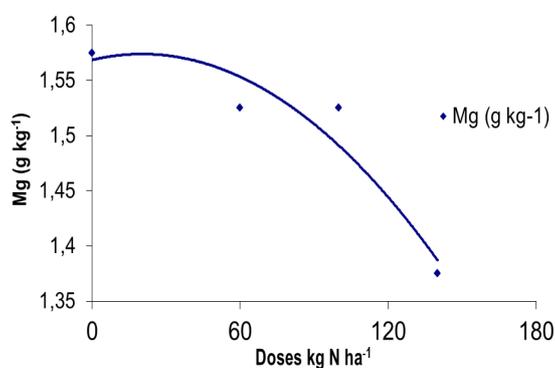


Figura 3

Figura 2 e 3: Teor de Ca e Mg (g kg^{-1}), respectivamente, presente nas folhas de milho nas diferentes doses de N, independente da fonte de N e da presença ou ausência do lithothamnium.

Como se pode observar na tabela de análise de variância, para o teor de cálcio e magnésio presente na folha, não houve diferença estatística ($(Pr > Fc) < 0,05$) entre nenhuma das variáveis analisadas.

Com o aumento das doses de N, houve uma diminuição nos teores desses nutrientes na folha, mesmo que uma baixa variação. Isso pode ser explicado pelo fato das plantas de milho que não receberam aplicação de nitrogênio, terem se desenvolvido menos que as plantas que receberam esse nutriente, sendo o efeito das doses de N e teor de cálcio e magnésio foliar, inversamente proporcionais, caracterizando assim o efeito de diluição ocorrido na planta.

O fato da aplicação do lithothamnium não apresentar resultado significativo nos teores de Ca e Mg na folha, pode estar relacionado com a baixa dose aplicada do produto.

Outro fator relacionado ao resultado obtido é que o lithothamnium foi aplicado em cobertura, juntamente com a ureia e, provavelmente, não teve tempo suficiente para reagir no solo e liberar os nutrientes de sua composição para absorção pelas plantas de milho.

MELO & FURTINI NETO (2003) através de experimento realizado com a aplicação de lithothamnium na cultura do feijoeiro, encontrou uma maior absorção de Ca e Mg quando o produto foi aplicado. Eles também concluíram que com o incremento das doses de Lithothamnium, ocorreu um aumento linear no teor de Ca e Mg nas folhas do feijoeiro, além do produto promover efeito na correção da acidez do solo.

É importante observar que o experimento realizado pelos autores acima, teve o intuito de avaliar a eficiência do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo, sendo assim, as doses aplicadas do produto foram muito superiores às usadas nesse experimento.

Miranda (1985) concluiu que os calcários marinhos são viáveis como corretivos da acidez do solo quando aplicados em quantidades semelhantes às do calcário comercial.

Tabela 3: Análise de Variância para a MMG (g) e produtividade (kg ha⁻¹) do milho.

FV	MMG		Produtividade	
	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc
UREIA	2.641	0.1190	0.239	0.6301
DOSES	9.283	0.0004	7.442	0.0014
UREIA*DOSES	1.643	0.2097	0.506	0.6822
BLOCO	1.117	0.3645	14.299	0.0000
LITHO	0.053	0.8203	0.349	0.5603
LITHO*UREIA	0.157	0.6952	3.240	0.0845
LITHO*DOSES	3.490	0.0312	1.897	0.1571
LITHO*UREIA*DOSES	0.241	0.8667	1.087	0.3734
	CV 1 (%) = 7.51		CV 1 (%) = 28.92	
	CV 2 (%) = 7.51		CV 2 (%) = 23.38	
	Média geral: 278.2217		Média geral: 7393.5900	

Como se pode observar na tabela de análise de variância, para a massa de mil grãos de milho, houve diferença estatística ((Pr>Fc) < 0,05) na interação entre as doses de N e a presença do lithothamnium e também entre as doses de N isoladamente.

Tabela 4: Massa de mil grãos de milho (g) nas diferentes doses de N, tendo como fonte uréia convencional e uréia revestida, na presença ou ausência do lithothamnium.

Doses de N	Uréia convencional			Uréia revestida		
	com Litho	sem Litho	Média	com Litho	sem Litho	Média
0	262,5	236,6	249,5 A	284,6 a	255,2 b	269,9
60	256,4	265,4	260,9 A	270,6 a	288,7 a	279,6
100	284,1	293,2	288,6 A	289,5 a	292,3 a	290,9
140	286,4	307,2	296,8 A	286,9 a	291,9 a	289,4
Média	273,3 a	279,3 a	274,7	285,7 a	290,3 a	284,5
CV(%) =	7,51					
DMS =	21,5548					

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

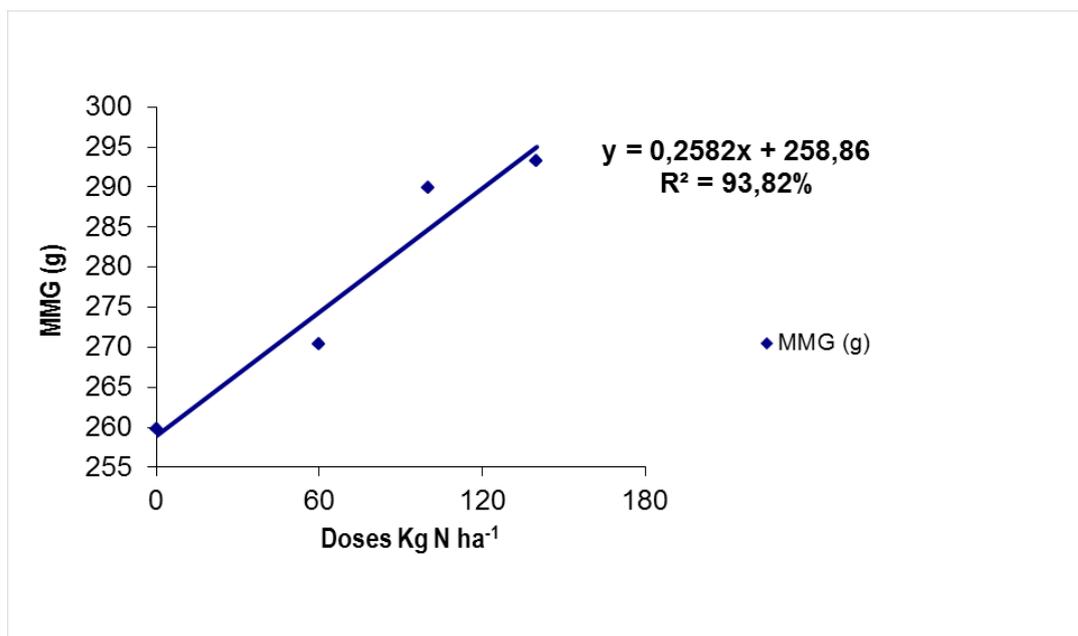


Figura 4: Massa de mil grãos de milho (g) nas diferentes doses de N, independente da fonte de N e da presença ou ausência de lithothamnium.

Observa-se na tabela 4 que o tratamento sem aplicação de N tendo como fonte uréia polimerizada apresentou interação entre a parcela e subparcela, sendo que a diferença atribui-se a um fator aleatório e não em função da aplicação de lithothamnium, uma vez que esse não foi aplicado.

Foi observado que com o incremento das doses de N houve um acréscimo linear na massa de mil grãos de milho, não alcançando a máxima dose de N que ocasionaria na maior massa de grãos. Isso pode ser explicado pelo fato do nitrogênio ser um elemento atuante em vários processos vitais da planta, como síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, fazendo com que a planta tenha um maior acúmulo de fotoassimilados, convertendo isso em maior massa de grãos.

Como se pode observar na tabela de análise de variância, para a produtividade (kg ha^{-1}), houve diferença estatística ($(Pr > Fc) < 0,05$) apenas entre as doses de N, sendo assim serão apresentadas as comparações referentes apenas à análise de regressão para as doses de N.

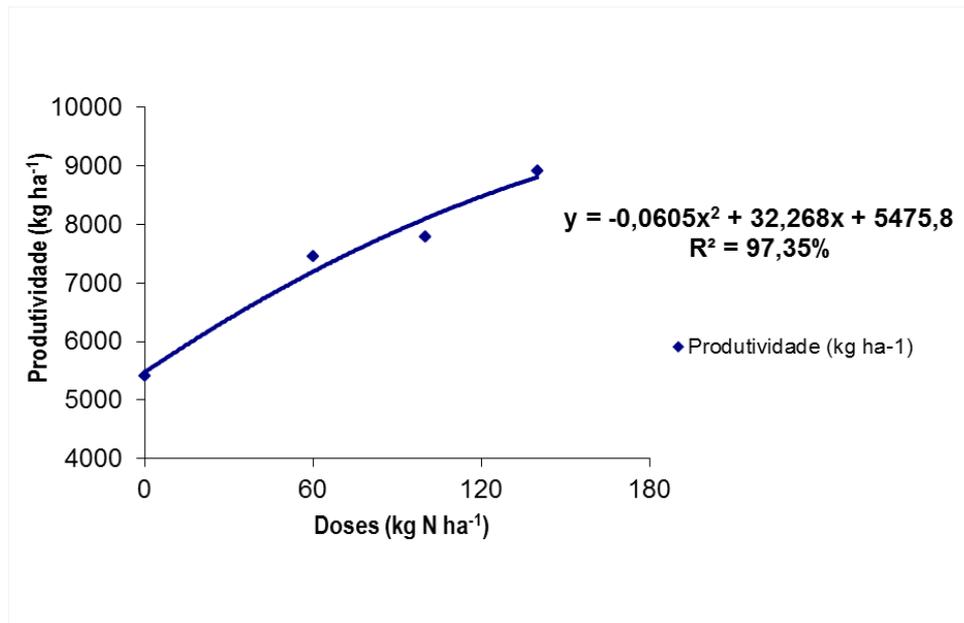


Figura 5: Produtividade (kg ha⁻¹) do milho, nas diferentes doses de N, independente da fonte de N e da presença ou ausência de lithothamnium.

Não houve diferença significativa na produtividade do milho quanto às fontes de N avaliadas e quanto à presença ou ausência do lithothamnium.

Observou-se que com o aumento das doses de N houve um incremento na produtividade, sendo que na maior dose de N aplicada (140 kg de N ha⁻¹) foi atingida a maior produtividade (aproximadamente 9.000 kg ha⁻¹) e, na ausência de N aplicado em cobertura a produtividade foi de aproximadamente 5.500 kg ha⁻¹.

Mesmo não aplicando nitrogênio em cobertura, a produção atingida é relativamente alta quando comparada a produtividade média brasileira (3.700 kg ha⁻¹ (FAO, 2010)). Quando se refere a altas produtividades obtidas em áreas de alta tecnologia (> 12.000 kg ha⁻¹), mesmo a maior produtividade obtida no experimento ainda é considerada baixa, isso ocorreu porque o experimento foi conduzido em uma área destinada a produção para atender a necessidade do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia no que diz respeito a alimentação animal (fabricação de rações), não sendo uma área de produção comercial de alta tecnologia.

Como pode ser observado no gráfico, a maior dose utilizada nesse experimento ($140 \text{ kg de N ha}^{-1}$), não correspondeu à máxima dose (dose que a cultura obtém a maior produtividade) de resposta para a cultura do milho.

Em experimento realizado por Pavinato et. al. (2008) houve aumento de produtividade na cultura do milho com incremento das doses de N.

Zavaschi (2010) encontrou diferença significativa na massa de mil grãos de milho avaliando fontes de N (polimerizada e convencional) apenas para a maior dose de uréia polimerizada (melhor tratamento). No mesmo experimento não houve diferença significativa na produtividade de grãos entre as fontes de N avaliadas.

Barbosa et. al. (2010) afirmou que para doses de 120 e 150 kg de N houve diferença significativa entre as fontes estudadas (polimerizada e convencional) na produtividade do milho e para a dose de 180 kg de N não houve diferença significativa.

MELO & FURTINI NETO (2003) encontrou efeito significativo positivo na aplicação do Lithothamnium no crescimento e produção do feijoeiro.

5 - Conclusões

Não observou-se efeito do Lithothamnium na melhoria da eficiência da uréia aplicada em cobertura na cultura do milho.

Não observou-se diferença entre as fontes de N (convencional e revestida), quanto às variáveis estudadas.

Houve aumento da absorção de N, produtividade e massa de mil grãos na cultura do milho com o incremento das doses de N.

O Lithothamnium não alterou significativamente os teores de Ca e Mg nas folhas do milho.

6 - Referências Bibliográficas

ALGAREA MINERAÇÃO S/A, LITHOTHAMNIUM, 2013. Disponível em: <<<http://www.algarea.com.br/novo/>>>. Acesso em março, 2013.

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.771-777, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FOSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L.L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.109-119, 2003.

BARBOSA, F.; SILVA, Adriane de Andrade ; LANA, R. M. Q. . Fontes de uréia revestida com polímeros de liberação gradual na cultura do milho de alta produtividade. In: XVIII Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 2010, Teresina. Anais da XVIII RBMCSA. Teresina: EMBRAPA MEIO NORTE, 2010. v. unico.

BOBATO, A. **Índice nutricional do nitrogênio: uma ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional da cultura do milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006. 76f.

BOCKMAN, O.C.; OLFS, H.W. Fertilizers, agronomy and N₂O. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 52, n. 2/3, p. 165-170, 1998.

BONO, J.A.M.; RODRIGUES, A.P.D'A.C.; MAUAD, M.; ALUQUERQUE, J.C. de; YAMAMOTO, C.R.; CHERMOUTH, K.S.; FREITAS, M.E. de. **Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho**. Agrarian, Dourados, v.1, n.2, p. 91-102, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Determinações adicionais – peso de mil sementes. In: REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES. Brasília : Mapa/ACS, 2009. Cap.12, item 12.3, p. 346-347.

CANTARELLA, H. Perdas de nitrogênio por volatilização podem comprometer a adubação. *Petrofértil Rural*, v.13, 1992.

CHIEN, S.H.; PROCHNOW, L.I.; CANTARELLA, H. Recents development fertilizer production and use to improve nutrient efficiency minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 102, p. 267-322, 2009.

DIAS, T.M.G. Granulados bioclásticos – Algas calcárias. *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 18(3), 2000.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.161-171, 2008.

Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de produção, 2006**. Disponível em: < h t t p: //sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/economia.htm>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2013.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2^a ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FAO – Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Faostat**, 2010. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID= 567# ancor>. Acesso em: 23 de junho de 2012.

FÁZIO, P.I.; GUTIERREZ, A.S.D. Uso de corretivos de acidez do solo comercializados no Estado do Espírito Santo. Vitória: EMCAPA, 1989. 27p. (Boletim Técnico, 12).

FERREIRA, D.A. **Eficiência agronômica da uréia revestida com polímero na adubação do milho.** Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de plantas. Piracicaba, 2012.

FONTOURA, S. Adubação nitrogenada na cultura do milho. In: ENCONTRO DE PRODUTORES PIONEER, Alfenas, MG, 2003.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho.** Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

GHIBERTO, P.J.; LIBARDI, P.L.; BRITO, A.S.; TRIVELIN, P.C.O. Leaching of nutrients from a sugarcane crop growing on an Ultisol in Brazil. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.96, n.10, p.1443-1448, 2009.

GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.931-938, 2007.

KEMPF, M. **Perspectivas de exploração econômica dos Fundos de algas calcárias da plataforma continental do Nordeste do Brasil.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1974. 22 p. (Trabalho oceanográfico, 14).

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELO, P.C.; FURTINI NETO, A.E. **Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro**. Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras. V.27, n.3, p.508-519, maio/jun., 2003.

MIRANDA, L. N. Utilização de calcários marinhos como corretivos de acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 245-248, jan./mar. 1985.

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

Rural Centro. **Balanco do Mercado de Milho**, 2012. Disponível em <<<http://ruralcentro.uol.com.br/analises/balanco-do-mercado-de-milho-producaomundial-atingira-9458-milhoest-na-safra-201213-2556>>>. Acesso em março, 2013.

SILVA, G.J.; GUIMARÃES, C.T.; PARENTONI, S.N.; RABEL, M.; LANA, U.G.P.; PAIVA, E. **Produção de haplóides androgenéticos em milho**. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009. 17p. (Documentos 81).

VASCONCELLOS, C.A.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1835-1945, 1998.

VITTI, G.C. & LUZ, P.H.C. Utilização agrônômica de corretivos agrícolas. Piracicaba, FEALQ/GAPE, 2004. 120p.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C.; GAVAE, G. J. C.; PENSTTI, C. P. Produtividade de cana-de-açúcar relacionada a localização de adubos nitrogenados sobre palha. **STAB**, v. 23, p. 6-8., 2005.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: **NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 12, p. 300-325.

VON PINHO, R.G.V. Produção de milho no Brasil e no mundo: realidade e perspectiva. In: **Anais do V Simpósio de Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas: Genética e Melhoramento do Milho**, Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p.3-13.

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros**. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de plantas. Piracicaba, 2010.