

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRÉDITOS DE NITROGÊNIO, ALTERAÇÕES NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NOS COMPONENTES
DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO**

Marcio Silveira da Silva

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRÉDITOS DE NITROGÊNIO, ALTERAÇÕES NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NOS COMPONENTES
DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO**

Marcio Silveira da Silva

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
2013**

Silveira, Marcio Silveira da

S587c Créditos de nitrogênio, alterações nos atributos químicos do solo e nos componentes de produção da cultura do milho em função da aplicação de esterco bovino/ Marcio Silveira da Silva. -- Jaboticabal, 2013

ix, 47 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Edson Luiz Mendes Coutinho

Banca examinadora: José Eduardo Corá, Adolfo Valente Marcelo

Bibliografia

1. *Zea mays*. 2. Adubo orgânico. 3. Adubação nitrogenada. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.15:631.84

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CRÉDITOS DE NITROGÊNIO, ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO

AUTOR: MARCIO SILVEIRA DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

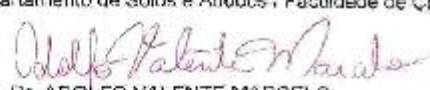
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Jaboticabal


Prof. Dr. JOSE EDUARDO CORA

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. ADOLFO VALENTE MARCELO

Centro Universitário de Rio Preto / São José do Rio Preto/SP

Data da realização: 22 de novembro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Marcio Silveira da Silva, nascido em 25 de abril de 1985, em São Paulo – SP, é Engenheiro Agrônomo, formado em janeiro de 2010 pela Faculdade de Engenharia – UNESP (Campus de Ilha Solteira). Trabalhou, neste período, com adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro e manejo da palhada em sistema plantio direto, sendo bolsista de iniciação científica do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq - PIBIC) de 2006 a 2009. Em agosto de 2011, ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP (Campus de Jaboticabal), sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em julho de 2012 começou a trabalhar como engenheiro agrônomo na Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto.

OFEREÇO

Aos meus irmãos Marcos Silveira da Silva e Josimara Silveira da Silva por toda ajuda e apoio durante esta etapa!

DEDICO

Aos meus pais Josemar Silveira da Silva e Maria Socorro Bezerra da Silva, pela especial atenção dada a mim e por todo apoio, carinho, amor e dedicação dispensados para que eu completasse esta etapa.

A vocês dedico este momento único e especial de realização!!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me propiciar este momento especial!

Ao meu orientador Prof. Dr Edson Luiz Mendes Coutinho, pela confiança em mim depositada ao assumir a orientação e, especialmente, pelos ensinamentos, dedicação e paciência com os quais conduziu a orientação.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos em especial à Claudia Campos Dela Marta e Dejair Lúcio da Silva por todo apoio oferecido durante a condução do experimento.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Aos funcionários da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção, em especial ao Marcelo Scatolin, por toda atenção e apoio oferecido.

Aos meus grandes amigos Edimar Rodrigues Soares e Antonio João de Lima Neto pela amizade sincera e por toda colaboração durante a condução desse experimento.

Aos amigos de pós-graduação André Mendes Coutinho Neto, Marcelo Jara Davalo e Viviane Modesto por toda colaboração durante a condução deste experimento.

A Jéssica Scavazini pelo apoio e ajuda.

Ao Dr. Hugo Tosi por ter fornecido o esterco utilizado no presente trabalho.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A cultura do milho.....	3
2.2. Nitrogênio na planta	4
2.3. Adubação orgânica e alterações nos atributos químicos do solo.....	5
2.4. Créditos de nitrogênio	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS.....	42

CRÉDITOS DE NITROGÊNIO, ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO

RESUMO – Os adubos orgânicos se constituem como uma importante forma de reciclagem de nutrientes, em especial o nitrogênio. No entanto, estimar a quantidade de N que é fornecida durante o ciclo da cultura é uma tarefa complexa. Nesse sentido, foram conduzidos simultaneamente dois experimentos em um Latossolo Vermelho eutroférico muito argiloso, no município de Jaboticabal-SP, durante o ano agrícola 2011/2012 com o objetivo de se avaliar os créditos de nitrogênio para a cultura do milho, as alterações nos componentes de produção e as alterações nos atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco bovino. Ambos os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos no primeiro experimento foram constituídos por doses de N, sendo elas: 0; 60; 90; 120; 180 e 240 kg ha⁻¹, de N utilizando-se como fonte a ureia. Este experimento foi conduzido para de determinar a curva de resposta da cultura ao nitrogênio e, por meio desta calcular os créditos de nitrogênio provenientes da adubação com esterco. Já no segundo experimento, os tratamentos foram constituídos por sete doses de esterco bovino, 0; 5; 10; 15; 30; 45 e 60 Mg ha⁻¹. Foram avaliados os componentes de produtividade do milho, os atributos químicos do solo, acúmulo de nutrientes na biomassa da parte aérea, a concentração de nutrientes nos grãos e na folha diagnose. Verificou-se créditos de nitrogênio variando de 31 a 76 kg ha⁻¹ de N em função da adubação com esterco bovino, incrementos significativos no número de grãos por espiga com a aplicação de até 28 Mg ha⁻¹ de esterco bovino. Como efeito adicional, a aplicação de esterco bovino promoveu aumentos lineares no pH do solo, carbono orgânico do solo (COS), na disponibilidade de P, na concentração de K, Ca e Mg trocável, e na capacidade de troca catiônica do solo (CTC) e decréscimos na acidez potencial (H+Al). Verificou-se também aumentos na quantidade acumulada de K e de P na biomassa da parte aérea, na concentração de P, S e Fe na folha diagnose e de N, P e S os grãos.

Termos de indexação: *Zea mays*, adubo orgânico, adubação nitrogenada.

NITROGEN CREDITS, CHANGES IN SOIL CHEMICAL PROPERTIES AND IN THE YIELD COMPONENTS OF CORN IN TERMS OF APPLICATION OF FEEDLOT CATTLE MANURE

ABSTRACT - Organic fertilizers are constituted as an important way of recycling nutrients, especially nitrogen. However, estimating the amount of N that is provided during the crop cycle is a complex task. Accordingly, two experiments were conducted simultaneously, in the county of Jaboticabal - SP during the crop season of 2011/2012, in an Oxisol, with the aim of evaluate the nitrogen credit to the corn crop, the changes in the components of production of maize and in soil chemical properties as a function of rates of manure . Both experiments were conducted in a randomized block design with four replications. The treatments in the first experiment consisted of rates of N, as follows: 0, 60, 90, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹ of N using urea as a source. This experiment was conducted to determine the response curve of corn to nitrogen and hereby calculate the nitrogen credits from manure. In the second experiment, treatments consisted of seven rates of feedlot cattle manure, 0, 5, 10 , 15, 30, 45 and 60 Mg ha⁻¹. We evaluated the yield components of corn, the soil chemical properties, nutrient accumulation on aboveground biomass, and the concentration of nutrients in the grain and in the index leaf. It was verified nitrogen credits ranging from 31 to 76 kg ha⁻¹ N as a function of the cattle manure, significant increases in the number of grains per spike with application of up to 28 Mg ha⁻¹ feedlot cattle manure. As an additional effect there was linear increase in soil pH, soil organic carbon (SOC), the availability of P, contents of K , Ca and Mg, and cation exchange capacity of the soil (CEC) and decreases in exchange acidity (H+Al). There were increases in the cumulative amount of P and K in aboveground biomass, in the concentration of P, S and Fe in the index leaf and in concentration of N, P and S in the grains.

Index terms : *Zea mays*, beef manure, organic amendment, nitrogen fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década 80, houve aumento expressivo na quantidade de confinamentos de gado no Brasil e, o estado de São Paulo situa-se entre os estados que mais contribuíram com o crescimento deste sistema produtivo. Parte significativa da biomassa gerada neste sistema corresponde aos dejetos dos animais e, devido a concentração de nutrientes nestes resíduos, em especial o nitrogênio, evidencia-se o potencial de reciclagem deste resíduo.

O uso de adubos orgânicos com o intuito de promover melhoria ou manutenção na fertilidade do solo é uma prática utilizada pelo homem desde o início da agricultura. Evidencia-se que além do fornecimento de nutrientes, o uso de adubos orgânicos podem promover diversos benefícios ao solo, uma vez que, podem também propiciar aumento do pH, redução da acidez potencial, aumento na quantidade de matéria orgânica do solo, atividade microbiológica, capacidade de troca catiônica e melhoria nos atributos físicos do solo.

Durante períodos de crise na área de energia e de alta nos preços dos fertilizantes sintéticos, torna-se oneroso suprir a demanda nutricional das culturas apenas com fertilizantes sintéticos e, o uso de fertilizantes orgânicos pode ser uma alternativa importante para complementar esta demanda. Dentre os nutrientes exigidos pelas culturas, o nitrogênio é um dos mais limitantes ao crescimento e seus efeitos são observados tanto na produtividade quanto na qualidade dos produtos agrícolas.

Estimar a quantidade de N fornecido às plantas quando se utilizam fontes orgânicas é uma tarefa complexa, pois, a liberação deste nutriente para as culturas está atrelada aos processos biológicos de decomposição e mineralização dos resíduos, sendo estes, governados pela ação dos microrganismos do solo e, influenciados pela temperatura, umidade do solo, propriedades físico-químicas do solo e características do material orgânico.

Devido aos entraves enfrentados pelos produtores rurais e técnicos quanto à atribuição de créditos de nitrogênio a determinada fonte de adubo orgânico, pequenas e inconsistentes deduções nas aplicações subsequentes de fertilizantes

nitrogenados são realizadas. Desta forma, a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas podem ser comprometidas, além de elevar os custos de produção, diminuindo a rentabilidade do produtor.

Portanto, salienta-se que mesmo pequenas contribuições de N proveniente do adubo orgânico devem ser consideradas, pois refletirá em economia no uso de fertilizantes minerais e na redução de custos do produtor rural.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho determinar os créditos de nitrogênio para a cultura do milho, as alterações nos atributos químicos do solo e nos componentes de produtividade do milho em função da aplicação de esterco bovino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho

Entre as culturas cultivadas pelo homem, o milho (*Zea mays* L.) é uma das mais antigas. Sua origem, provavelmente tenha sido no hemisfério norte, tendo sido cultivado a cerca de 4 mil anos atrás. Depois de descoberto na América, foi cultivado como planta ornamental e exótica em vários outros países, como Espanha, Portugal, França e Itália e, quando perceberam seu valor alimentar, a cultura passou a ter fins econômicos, sendo então difundida para o restante da Europa, Ásia e norte da África (SANTOS, 2008).

O milho é uma planta que pertence à família Gramineae/Poaceae, sendo umas das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza. Por isso, é um cereal de grande importância a nível global, sendo uma das principais fontes de alimento exploradas pelo homem desde a sua descoberta na América e disseminação pelo mundo (GANASSALI de OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007).

De ciclo variado, nas condições climáticas brasileiras, a cultura pode apresentar ciclo entre 110 a 180 dias entre a semeadura e a colheita, em função das características dos cultivares que podem ser superprecoce, precoce e normal (SILVA, 2009). O milho é utilizado tanto para alimentação animal como humana, sendo que o uso em grãos para a alimentação animal representa maior parte da utilização desse cereal no Brasil (EMBRAPA, 2010).

A produção mundial de milho na safra 2012/2013 foi de 860,1 milhões de toneladas. O Brasil ocupou a terceira posição nesse ranking com 81 milhões de toneladas, perdendo apenas para EUA e China com 273,8 e 205,6 milhões de toneladas, respectivamente. Segundo o departamento de agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial na safra 2013/14 será de 956,7 milhões de toneladas representando um aumento de 11% sobre a safra anterior. Enquanto o consumo mundial terá um aumento de 6% e a produtividade média ficará em 5,4 Mg ha⁻¹ ante 4,9 Mg ha⁻¹ na safra passada (FIESP, 2013).

No Brasil, o milho (primeira safra) teve sua área plantada reduzida na última safra (2012/13) com um decréscimo de 8,6%, saindo de 7.558,5 mil hectares para 6.906,8 mil hectares. Enquanto que no estado de São Paulo, a área de cultivo teve um pequeno acréscimo (3%). Entretanto, a produtividade neste estado foi de 6.500 kg ha⁻¹, com aumento de 6,6% em relação a passada (CONAB, 2013). O Brasil é também o terceiro maior exportador desse cereal, tendo exportado nesta última safra, 24,5 milhões de toneladas (FIESP, 2013).

2.2. Nitrogênio na planta

O nitrogênio geralmente é o elemento mais limitante ao crescimento e qualidade das culturas e seus efeitos são observados tanto na produtividade quanto na qualidade dos produtos agrícolas (EFTHIMIADOU et al., 2009; ASAGI; UENO, 2009).

As formas de nitrogênio predominantemente absorvida pelas plantas são: nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) (MALAVOLTA, 2006) e, dentre os nutrientes essenciais, o N é o único que é absorvido tanto na forma de ânion como de cátion (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Compostos nitrogenados simples, como ureia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos, porém, são pouco encontrados na forma livre no solo (COYNE, 2000).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas de milho, predominantemente, sob a forma de nitrato, que posteriormente é reduzido à amônia, num processo onde estão envolvidas duas enzimas, a redutase de nitrato e a redutase de nitrito, sendo que a primeira é responsável pela transformação de nitrato (NO₃⁻) em nitrito (NO₂⁻) e a segunda pela transformação de nitrito (NO₂⁻) em amônio (NH₄⁺), para posterior incorporação em aminoácidos (YAMADA, 1996).

Estima-se que 90% de todo N presente nos vegetais, encontram-se na forma orgânica, participando da constituição de diversas moléculas orgânicas como proteínas, enzimas, coenzimas, ATP, NADH, NADPH, ácidos nucleicos, fitocromos e da clorofila, e, destaca-se pelos efeitos que promove na morfologia e fisiologia dos vegetais, já que está relacionado com importantes processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem na planta, tais como fotossíntese, respiração,

desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular (HARPER, 1984; ENGELS; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

A cultura do milho é uma das mais exigentes em nitrogênio e, suprimento inadequado deste nutriente é um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos (FORNASIERI FILHO, 2007). De acordo com Cobucci (1991), o nitrogênio é um dos nutrientes que proporciona os maiores efeitos nos componentes de produção e produtividade da cultura do milho e, sua aplicação pode interferir em diversas características da planta, sendo estas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento as quais afetam direta ou indiretamente a produtividade da cultura.

Os efeitos da adubação nitrogenada podem ser observados na biomassa das plantas, altura de plantas, área foliar, taxa fotossintética, número de grãos por espiga, diâmetro da espiga, tamanho da espiga, número de grãos por fileira, proteína nos grãos, massa de 1000 grãos (MA; SUBEDI; COSTA, 2005; URIBELARREA; CRAFTS-BRANDNER; BELOW, 2009; LEMAIRE; GASTAL, 1997).

Um exemplo do efeito que este nutriente promove nos componentes de produtividade foi constatado por Oliveira e Caires (2003), que trabalhando com doses de até 120 kg ha⁻¹ de N, verificaram que a aplicação de nitrogênio promoveu aumento linear na produção de milho, número de grãos por espiga, massa de espigas por planta, massa de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos e, os valores obtidos nestas variáveis na maior dose de N, representaram em relação a menor dose incrementos 23, 6, 42, 25 e 6% respectivamente.

2.3. Adubação orgânica e alterações nos atributos químicos do solo

Um dos principais fatores para a obtenção de estabilidade, produtividade e de sustentabilidade dos agroecossistemas é a manutenção e a melhoria da qualidade do solo (SILVA et al. 2008). De acordo com Ourives et al. (2010), a aplicação de materiais orgânicos ao solo contribui para o incremento de matéria orgânica e, conseqüentemente, na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

A adubos orgânicos usados na agricultura são originados principalmente de resíduos gerados na criação de animais e de resíduos provenientes da agroindústria. Estes resíduos se constituem como importante fonte de nutrientes para as plantas e de matéria orgânica para o solo e, desta forma, evidencia-se o potencial de reciclagem destes insumos.

De acordo com a legislação brasileira, os fertilizantes orgânicos são classificados em três categorias: fertilizantes orgânicos simples, composto e fertilizante organo-mineral, sendo os esterco de animais pertencentes à categoria dos fertilizantes orgânicos simples (KIEHL, 1985).

Os adubos orgânicos utilizados como fontes de N nas lavouras englobam os esterco de suínos, galinha e bovinos, lodo de esgoto, tortas vegetais, torta de filtro, camas aviárias. A concentração de nitrogênio nesses fertilizantes é muito variável e, geralmente, varia entre 0,6 a 4,6 % (MELO; SILVA; DIAS, 2008). Como visto, a composição química dos adubos orgânicos é bem variável e, no caso dos esterco, sua composição é influenciada pela espécie animal, alimentação e reações químicas que ocorrem durante a armazenagem deste insumo (ASAGI; UENO, 2009; MALLORY; GRIFFIN; PORTER, 2010).

O manejo do adubo orgânico, quando este é utilizado como fonte de nutrientes é mais complexo do que quando se utiliza fertilizantes sintéticos, uma vez que a liberação de nutrientes, como o nitrogênio, em formas disponíveis as plantas é dependente do processo de mineralização e, que apenas uma fração do N-orgânico contido nestes insumos é mineralizada no ano em que o resíduo é aplicado (MALLORY; GRIFFIN; PORTER, 2010).

A fração de N-orgânico que é mineralizada no primeiro ano é muito variável, uma vez que este processo é governado por microrganismos presentes no solo e, influenciado pela temperatura, umidade do solo, propriedades físico-químicas do solo e características do material orgânico (EGHBALL; GINTING; GILLY, 2004; ASAGI; UENO, 2009; MALLORY; GRIFFIN; PORTER, 2010). Segundo Pratt; Broadbent e Martin, (1973), apenas 35% do N-orgânico presente no esterco bovino é mineralizado no primeiro ano e, segundo Klausner; Kanneganti e Bouldin (1994), a fração de N-orgânico que é mineralizada no primeiro ano corresponde a 21%.

Adicionalmente ao fornecimento de nutrientes, a adição de adubos orgânicos ao solo pode promover incrementos na matéria orgânica e, conseqüentemente propiciar aumento na capacidade de troca catiônica (CTC), aumento no pH, neutralização de Al^{+3} , aumento na atividade microbiológica, melhoria na disponibilidade de P e melhoria dos atributos físicos do solo (ANO; UBOCHI, 2007; HAYNES; MOKOLOBATE, 2001; WHALEN et al., 2000; OURIVES et al., 2010).

A quantidade de matéria orgânica em solos de regiões tropicais geralmente é muito baixa, no entanto, esta exerce no solo um papel fundamental, uma vez que contribui com até 80% da CTC dos solos destas regiões e, a manutenção ou aumento da quantidade de matéria orgânica é essencial para manter ou propiciar aumento neste atributo. Esta grande contribuição da matéria orgânica na CTC do solo se deve ao grande número de grupos funcionais e elevada superfície específica que esta apresenta (FASSBENDER, 1975).

Com aumento da matéria orgânica do solo, também pode ocorrer aumento do pH do solo. No entanto, o mecanismo exato com que este fenômeno ocorre ainda é desconhecido. Contudo, há na literatura menção de possíveis mecanismos que explicam este fenômeno, como: a) Oxidação de ácidos orgânicos com consumo de H^+ durante a decomposição dos resíduos orgânicos; b) amonificação dos resíduos nitrogenados e c) adsorção específica de moléculas orgânicas aos óxidos de Fe e Al com liberação de OH^- (HAYNES; MOKOLOBATE, 2001; TANG et al., 1999).

Eghball (1999), avaliando a influência do esterco bovino no pH do solo, constataram aumentos significativos neste índice em função da aplicação de esterco. No entanto, este autor atribui este aumento no pH a presença de $CaCO_3$ nos dejetos do animais, visto que este é fornecido na dieta e não é totalmente metabolizado pelos bovinos.

Ano e Ubochi (2007) avaliando os efeitos de fontes e doses de esterco nos atributos químicos do solo, obtiveram aumentos significativos no pH e redução na acidez potencial. Para estes autores, o aumento do pH do solo é resultante da descarboxilação do complexo cálcio-matéria orgânica pela ação de microrganismos do solo, processo no qual libera grupos OH^- e conseqüentemente reagem com H^+ e Al^{+3} . Estes autores também constataram diferenças no aumento do pH em função das fontes utilizadas, sendo os maiores efeitos obtidos com a aplicação de esterco

de aves, coelho e suínos, seguidos do esterco bovino e, os menores efeitos observados nesta variável foram obtidos com a aplicação de esterco de cabra.

Paralelamente aos efeitos já mencionados, evidenciam-se a complexação de metais como o Al, Mn, Fe e Cu com os ácidos orgânicos ou substâncias húmicas oriundas da mineralização da matéria orgânica, promovendo desta forma redução na disponibilidade destes (STOL; VAN HELDEN; BRUYN, 1976; STEVENSON; VANCE, 1989). Segundo Tsutiya et al. (2002), a adsorção de metais da fase sólida pela matéria orgânica é um mecanismo muito importante do ponto de vista ambiental, pois, diminui a fitodisponibilidade e a mobilidade dos metais no perfil do solo.

Aumentos na disponibilidade de fósforo também são constatados em função da adição de adubos orgânicos e, este fenômeno é relacionado à adsorção de substâncias húmicas e ácidos orgânicos, oriundos da decomposição dos resíduos orgânicos ou da síntese de novos compostos pelos microrganismos do solo aos sítios de trocas que seriam ocupados pelo fosfato, resultando em menor capacidade de adsorção deste nutriente pelos colóides inorgânicos do solo (REDDY et al., 1980; HUE; LICUDINE, 1999).

Em um sistema em que o manejo adotado propicie aumento na quantidade de matéria orgânica do solo, refletirá em redução na capacidade de adsorção e na energia de ligação dos fosfatos aos grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo, resultando em maior eficiência de uso dos adubos fosfatados (OLOYA; LOGAN, 1980).

Resultados que comprovam este aumento na disponibilidade de P foram constatados em um experimento conduzido por Sibanda e Young (1986), onde estes autores observaram que a adição de ácidos húmicos ao solo promoveu aumento na disponibilidade de P e, que este efeito foi proporcional à quantidade de ácidos húmicos aplicada. Para estes autores, o aumento na disponibilidade de P está relacionado à ocupação dos sítios de adsorção pelos grupos carboxílicos das substâncias húmicas, e a formação de um campo eletrostático ao redor das moléculas de substâncias húmicas que contribui com a menor adsorção de P.

2.4. Créditos de nitrogênio

A aplicação de adubos orgânicos, como o esterco, podem contribuir com a redução da quantidade de N requerida para se obter elevadas produtividades de grãos de milho (BEUCHAMP, 1986). No entanto, estimar a quantidade de N que será fornecido às plantas quando se utiliza fontes orgânicas é uma tarefa complexa, visto a quantidade de fatores que influenciam o processo de mineralização (EGHBAL; GINTING; GILLY, 2004; ASAGI; UENO, 2009).

Devido aos entraves enfrentados pelos produtores rurais e técnicos quanto à atribuição de créditos de nitrogênio a determinada fonte de adubo orgânico, pequenas e inconsistentes deduções nas aplicações subsequentes de fertilizantes nitrogenados são realizadas. Sendo assim, pode ocorrer comprometimento da produtividade e qualidade dos produtos agrícolas e do meio ambiente, além de elevar os custos de produção, diminuindo a rentabilidade do produtor. (LORY; RUSSELLE; PETERSON, 1995; SCHROEDER, 2004).

Uma forma de se determinar o crédito de N proveniente da adubação orgânica é por meio do método denominado tradicional, onde, são conduzidos simultaneamente dois experimentos, sendo em um o fornecimento de N com uma fonte sintética e no outro um adubo orgânico (LORY; RUSSELLE; PETERSON, 1995).

Neste método é desenvolvida uma curva de resposta da cultura ao nitrogênio no experimento com fertilizante sintético, onde é gerada uma equação onde as doses de N compreendem o eixo da abscissa e a produtividade o eixo das ordenadas (produtividade x doses de N).

Para se calcular o crédito de nitrogênio, utiliza-se a equação obtida no experimento com ureia e a produtividade obtida no experimento com adubo orgânico. Desta forma, substitui-se a produtividade obtida com determinada dose de esterco na equação gerada no experimento com ureia e, resolve-se esta pela incógnita x (Doses de N em kg ha^{-1}). O valor obtido é o crédito de nitrogênio, que corresponde à quantidade de N que pode ser deduzida da adubação nitrogenada em função da aplicação da respectiva dose do adubo orgânico.

Utilizando-se deste método, Nicholson; Chambers e Dampney (2003) trabalhando em diversas localidades, com doses de até 42 Mg ha⁻¹ de cama de aves, verificaram créditos de N variando entre 33 e 265 kg ha⁻¹ para as culturas da beterraba açucareira e da batata.

Salienta-se que em função do elevado custo dos fertilizantes nitrogenados e a baixa disponibilidade deste nutriente nos solos, mesmo pequenas contribuições de N proveniente do adubo orgânico devem ser consideradas e deduzidas de adubações subsequentes. Desta forma, pode-se aumentar a eficiência de uso deste nutriente e propiciar um ganho econômico para o agricultor (SMITH; CHAMBERS, 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante o ano agrícola 2011/2012 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, localizada a 21°15'22" S, na longitude de 48°15'58" O, a uma altitude de 613 m. O clima de Jaboticabal segundo classificação de Köppen é Aw (clima megatérmico) e, as condições climáticas durante o período em que o experimento foi conduzido estão representadas na Figura 1.

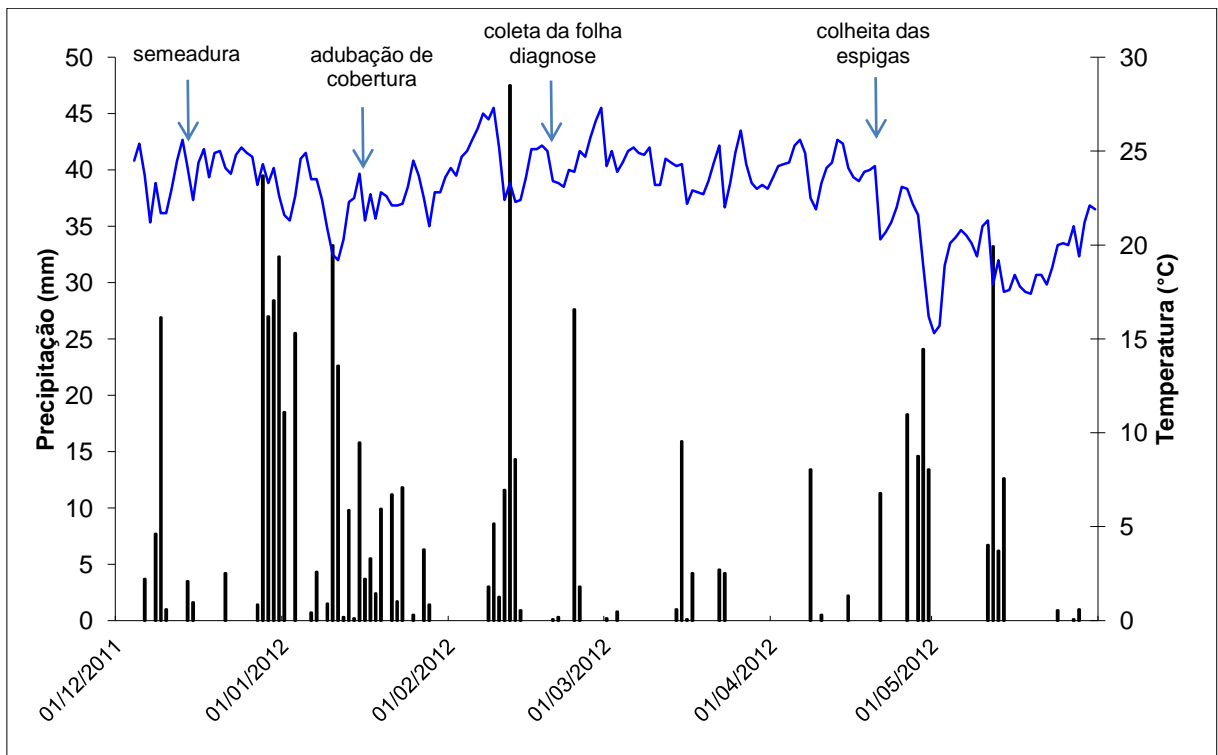


Figura 1. Precipitação e temperatura média diária no campo experimental durante o período compreendido entre dezembro de 2011 e maio de 2012.

O solo da área experimental foi classificado, segundo critérios da Embrapa (2006), como um Latossolo Vermelho eutrófico muito argiloso. Antes da instalação do experimento foi realizada uma amostragem de solo para a avaliação

dos seus atributos químicos, utilizando os métodos descritos por Raij et al. (2001) e, os resultados encontrados foram: pH (CaCl₂) 5,2; COS = 12 g dm⁻³; P (resina) = 22 mg dm⁻³; K = 2,4 mmol_c dm⁻³; Ca = 28 mmol_c dm⁻³; Mg = 18 mmol_c dm⁻³; H+Al = 31 mmol_c dm⁻³; CTC = 79,4 mmol_c dm⁻³ e V% = 71.

A composição química do esterco bovino foi avaliada seguindo a metodologia descrita por Alcarde (2009) e, os resultados expressos em base seca foram: pH (CaCl₂) : 7; MO-total = 310 g kg⁻¹; N total = 12,9 g kg⁻¹; Ca = 16 g kg⁻¹; Mg = 3,9 g kg⁻¹; S = 2,8 g kg⁻¹; P₂O₅ = 9,3 g kg⁻¹; K₂O = 8 g kg⁻¹; Na = 698 mg kg⁻¹; Cu = 52 mg kg⁻¹; Fe = 19706 mg kg⁻¹, Mn = 385 mg kg⁻¹; Zn = 114 mg kg⁻¹; B = 6 mg kg⁻¹; C- total = 172,9 g kg⁻¹; C-orgânico = 164,6 g kg⁻¹ e relação C/N = 13/1.

Foram conduzidos simultaneamente dois experimentos em áreas adjacentes, sendo que em um o N foi fornecido utilizando-se como fonte a ureia e no outro, a fonte utilizada foi o esterco bovino. Em ambos os experimentos foram realizados os mesmos tratos culturais, seguindo as recomendações para a cultura do milho.

No experimento em que se utilizou a ureia como fonte de N, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela foi constituída por seis linhas de milho espaçadas entre si a 0,9 m e com 6 m de comprimento. A área total da parcela foi de 32,4 m² e, considerou-se como área útil as quatro linhas centrais da parcela. Os tratamentos foram compostos por seis doses de nitrogênio: 0, 60, 90, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹. Este experimento foi realizado para se determinar a curva de resposta da cultura ao nitrogênio e, por meio do ajuste obtido entre doses e produtividade, calcular os créditos de nitrogênio provenientes da adubação com esterco.

No experimento em que se utilizou o esterco bovino como fonte de N, o delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Cada parcela foi constituída por seis linhas de milho, espaçadas entre si a 0,9 m e com 9 m de comprimento. A área total da parcela foi de 48,6 m² e, considerou-se como área útil as quatro linhas centrais da parcela. A utilização de parcelas maiores neste experimento se deve ao fato de neste ter sido analisado o efeito da adubação orgânica em alguns atributos físicos do solo (estabilidade de agregados em água e macro e microporosidade), necessitando assim, de uma maior área útil para que

fossem realizadas as amostragens de solos necessárias para tais análises, embora estas características não tenham sido discutidos neste trabalho.

Os tratamentos foram compostos por sete doses esterco de bovino: 0, 5, 10, 15, 30, 45 e 60 Mg ha⁻¹ em base seca, que forneceram respectivamente 0; 64,5; 129; 193,5; 387; 580,5 e 774 kg ha⁻¹ de N-total. A quantidade dos demais nutrientes fornecidos com a aplicação de esterco bovino é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de nutrientes aplicados em função de dose de esterco.

Esterco	N	P₂O₅	K₂O	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Mg ha⁻¹	kg ha⁻¹										
5	64	46	40	80	20	14	99	0,3	1,9	0,6	0,03
10	129	93	80	160	39	28	197	0,5	3,9	1,1	0,06
15	193	140	120	240	59	42	296	0,8	5,8	1,7	0,09
30	387	279	240	480	117	84	591	1,6	11,5	3,4	0,18
45	580	419	360	720	176	126	887	2,3	17,3	5,1	0,27
60	774	558	480	960	234	168	1182	3,1	23,1	6,8	0,36

A aplicação do esterco foi realizada em 12/12/2011, levando-se em consideração a sua umidade. A distribuição foi realizada em área total e, sua incorporação ao solo realizada com grade aradora no dia da aplicação.

A semeadura foi realizada em 14/12/2011, utilizando o híbrido Impacto Viptera, e foram aplicados durante essa operação, no experimento cuja fonte de N utilizada foi à ureia, 30 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, com exceção no tratamento controle, onde não houve o fornecimento de nitrogênio. No experimento com esterco, a adubação de semeadura foi realizada fornecendo-se 60 kg de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo as quantidades de P e K determinadas em função da produtividade de grãos esperada (8-10 Mg ha⁻¹) e da concentração destes nutrientes no solo (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

A adubação de cobertura, no experimento cuja fonte foi ureia, foi realizada aos 29 dias após a semeadura (DAS), quando a maioria das plantas encontravam-se no estágio fenológico correspondente a V-4. Com exceção nas parcelas

correspondentes ao controle, a quantidade de N aplicada nesta operação, foi realizada, visando complementar a adubação referente a cada tratamento, descontando-se os 30 kg ha⁻¹ de N fornecidos durante a adubação de semeadura.

A amostragem de solo para avaliação da fertilidade foi realizada aos 91 DAS, retirando-se 12 amostras simples por parcela, na camada de 0-15 cm, para perfazer uma amostra composta. As análises foram realizadas seguindo os métodos descritos por Raij et. al. (2001).

A coleta de folhas para diagnose foliar foi realizada na época do florescimento (66 DAS), sendo retirado o terço médio da folha da base da espiga, em 20 plantas por parcela, quando 50% das plantas já haviam emitido o pendão, segundo o método descrito por Cantarella et al. (1997).

Para a avaliação da produção de biomassa da parte aérea (BPA) e determinação do acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas, foram cortadas cinco plantas por parcela, sendo o corte efetuado rente ao solo, quando as plantas se encontravam no estágio fenológico correspondente à maturidade fisiológica. Em seguida, determinou-se a massa das plantas e, estas foram encaminhadas para o laboratório, onde foram moídas em triturador de forragens e, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C até obter massa constante. Posteriormente, triturou-se as amostras em moinhos tipo Wiley e, realizou-se a determinação da concentração dos nutrientes na biomassa aérea, seguindo a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

O acúmulo de nutrientes foi calculado por meio da relação entre a concentração de cada nutriente e a biomassa da parte aérea, sendo os valores convertidos para kg ha⁻¹.

Para a determinação da produtividade, realizou-se a colheita das espigas da área útil da parcela, e, em seguida o beneficiamento e a determinação da massa de grãos por parcela, e, os resultados obtidos foram convertidos para kg ha⁻¹ e corrigidos para 13% de umidade (base úmida). Amostras dos grãos foram tomadas e a determinação da concentração dos macronutrientes realizada conforme métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos foram submetidos à análise de regressão. Para tanto, utilizou-se o

programa estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2003). O ajuste das relações obtidas entre as variáveis e doses foi realizado por meio de modelos de regressão, sendo utilizado o programa Sigmaplot[®] 10.0, adotando-se a equação com maior coeficiente de determinação (R^2) que melhor representasse o fenômeno.

Calculou-se o crédito de nitrogênio, substituindo-se a produtividade obtida com determinada dose de esterco na equação obtida no experimento com ureia e, resolvendo-se esta pela incógnita x , sendo x a quantidade de N aplicada em kg ha^{-1} (LORY; RUSSELLE; PETERSON, 1995).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades obtidas com a aplicação de 64,5 (5 Mg ha⁻¹ de esterco) ; 129 (10 Mg ha⁻¹ de esterco); 193,5 (15 Mg ha⁻¹ de esterco); 387 (30 Mg ha⁻¹ de esterco); 580,5 (45 Mg ha⁻¹ de esterco) e 774 kg ha⁻¹ de N-total (60 Mg ha⁻¹ de esterco) foram equivalentes as obtidas com a aplicação de 31; 56; 69; 76; 76 e 76 kg ha⁻¹ de N respectivamente, com a fonte ureia (Figura 2), sendo estes os créditos de N atribuídos a cada dose (Figura 3).

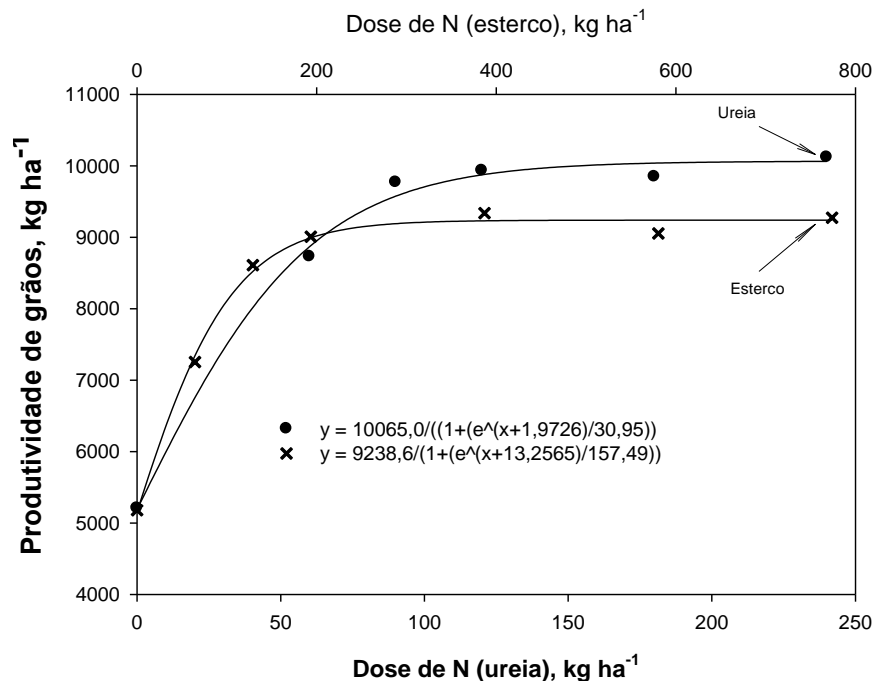


Figura 2. Produtividade de grãos de milho em função da aplicação de N na forma de ureia e esterco de curral.

Verificou-se que grande parte do aumento na produtividade e consequentemente dos créditos de nitrogênio (Figuras 2 e 3) ocorreram no intervalo compreendido entre o controle e a dose de 175 kg ha⁻¹ de N (13,5 Mg ha⁻¹ de esterco bovino).

Isso pode ser relacionado ao fato de que não houve diferença na quantidade de N mineralizada em doses superiores a esta, principalmente durante o período de

maior exigência da cultura, compreendido entre os estádios fenológicos V12 e R1 (FORNASIERI FILHO, 2007).

Sendo assim, como não houve aumento na quantidade absorvida deste nutriente pelas plantas de milho, podem ter ocorrido limitações ao desenvolvimento das plantas e à produtividade de grãos, visto que este nutriente é constituinte de diversas moléculas orgânicas como proteínas, clorofila, ácidos nucleicos e destaca-se pelas modificações que promove na morfologia e fisiologia dos vegetais, já que está relacionado com importantes processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem na planta, tais como crescimento e diferenciação celular e fotossíntese (ENGELS; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

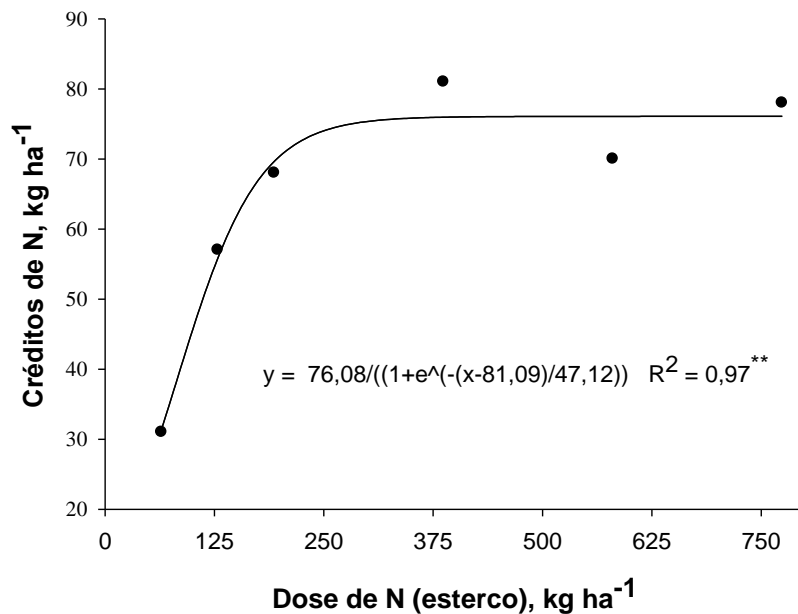


Figura 3. Créditos de N para a cultura do milho em função da adubação orgânica.

A aplicação de N, seja com a fonte ureia ou com esterco, não promoveu alterações significativas no número de fileiras por espiga, massa de cem grãos e massa de grãos por espiga (Tabelas 2 e 3). Alterações significativas, entretanto, foram observadas no número de grãos por espiga em função da aplicação de N com ambas as fontes.

Tabela 2. Grãos por espiga; fileiras por espiga; massa de cem grãos e massa de grãos por espiga em função de doses de N, no experimento cuja fonte foi ureia.

Doses de N	Grãos por espiga	Fileiras por espiga	Massa de cem grãos	Massa de grãos por espiga
kg ha⁻¹			----- g -----	
0	499	16,5	25,9	134,9
60	519	16,6	24,7	141,6
90	540	16,9	25,1	137,6
120	538	16,9	25,7	139,7
180	536	17,1	25,5	137,8
240	550	16,8	25,5	144,5
Teste F	12,87 ^{**}	0,53 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,90 ^{ns}
CV (%)	1,9	3,6	4,1	5,1

** e ^{ns} - Significativos a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3. Grãos por espiga; fileiras por espiga; massa de cem grãos e massa de grãos por espiga em função de doses de N no experimento cuja fonte foi esterco.

Doses de N	Grãos por espiga	Fileiras por espiga	Massa de cem grãos	Massa de grãos por espiga
kg ha⁻¹			----- g -----	
0	488,7	16,5	25,8	139,0
64,5	530,4	16,5	25,5	144,5
129,0	538,5	16,8	25,5	137,5
193,5	549,2	16,5	25,0	139,5
387,0	525,6	16,2	25,5	146,25
580,5	552,1	17,2	24,8	145,5
774,0	514,9	17,0	25,5	132,8
Teste F	4,0*	1,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}
CV (%)	4,2	4,0	4,9	10,2

*, ** e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Valderrama et al. (2011), avaliando a influência da adubação nitrogenada nos componentes de produção da cultura do milho, com doses variando entre 0 e 120 kg ha⁻¹ de N, não constataram alterações significativas no número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e na massa de cem grãos. Segundo estes autores, isto indica que estas características eram dependentes do potencial genético do híbrido utilizado.

Oliveira e Caires (2003), trabalhando com doses de até 120 kg ha⁻¹ de N, verificaram respostas lineares e positivas em função da aplicação de N para o número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos e, os valores obtidos nestas variáveis na maior dose de N, foram superiores aos obtidos na ausência deste fertilizante em 6, 25 e 6% respectivamente.

Embora no presente trabalho tenha ocorrido aumento na quantidade de N acumulada, não houve efeitos no número de fileiras por espiga, massa de grãos por espiga e massa de cem grãos e, isso pode ser relacionado ao estresse hídrico sofrido pela cultura durante o período compreendido entre o estágio fenológico V1 e V8 (Figura 1), período no qual o número de fileiras por espiga é definido (FORNASIERI FILHO, 2007).

Analisando a Figura 4, verifica-se que a aplicação de N, independentemente da fonte utilizada, promoveu aumento no número de grãos por espiga e, por meio da relação entre dose de N e número de grãos por espiga, constata-se que houve aumento nesta variável com a aplicação de até 215 kg ha⁻¹ de N, no experimento cuja fonte foi ureia e 366 kg ha⁻¹ de N (28 Mg ha⁻¹ de esterco), no experimento com esterco, sendo, obtido nestas doses o equivalente a 546 grãos por espiga, valor superior ao obtido no controle em 9 e 8% respectivamente para o primeiro e segundo experimento.

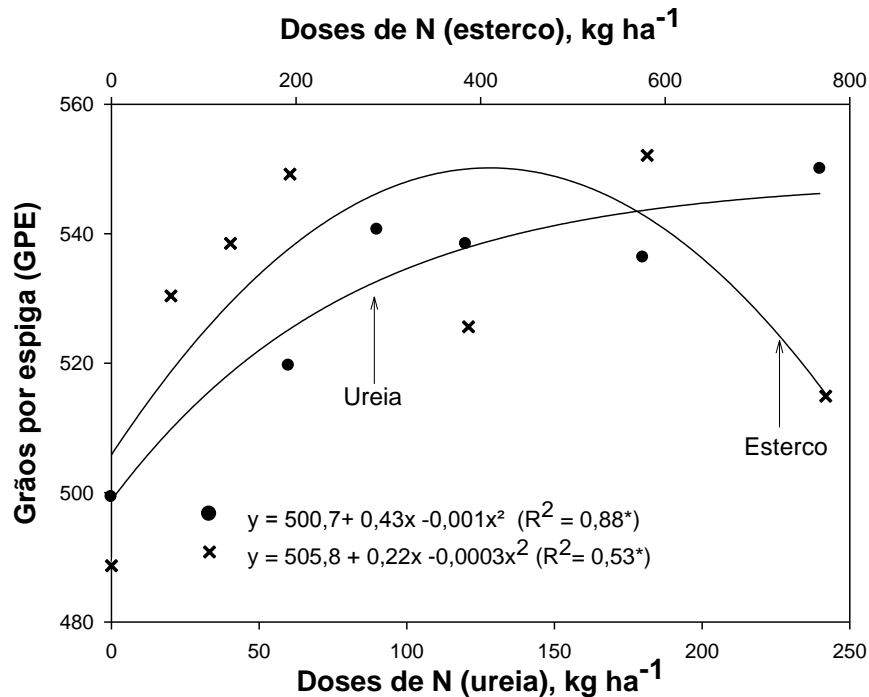


Figura 4. Número de grãos por espiga em função da aplicação de N na forma de ureia e esterco bovino.

A aplicação de N, independentemente da fonte utilizada, ao contrário do esperado, não promoveu alterações significativas na concentração deste nutriente na folha diagnose (Tabelas 4 e 5), visto que geralmente são observadas respostas positivas na concentração deste nutriente na folha em função da aplicação de N (AMARAL FILHO et al., 2005; OLIVEIRA; CAIRES, 2003). Orioli Júnior et al. (2013), também não constataram alterações na concentração de N na folha diagnose em função da adubação nitrogenada.

O acúmulo de N na biomassa da parte aérea e a biomassa da parte aérea foram alterados significativamente em função das doses de N, tanto no experimento cuja fonte foi ureia quanto no experimento com esterco (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Produtividade, acúmulo de N, biomassa da parte aérea e concentração de N na folha diagnose, em função de doses de N no experimento cuja fonte foi ureia.

Doses de N	Produtividade	N Acumulado	BPA	N foliar
kg ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----			g kg ⁻¹
0	5207,9	111,1	11165,0	30,8
60	8729,6	141,9	12210,0	28,8
90	9769,4	141,9	11495,0	28,0
120	9932,3	138,0	13090,0	28,0
180	9846,1	177,6	13365,0	26,2
240	10118,6	187,5	14795,0	29,0
Teste F	11,7**	4,5*	3,6*	1,9 ^{ns}
CV (%)	7,8	17,5	11,1	7,6

*, ** e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5. Produtividade, acúmulo de N, biomassa da parte aérea e concentração de N na folha diagnose, em função de doses de N no experimento com esterco.

Doses de N	Produtividade	N Acumulado	BPA	N foliar
kg ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----			g kg ⁻¹
0	5180,0	102,7	10582,0	29,2
64,5	7253,0	140,9	13612,5	31,6
129	8608,5	148,3	13161,5	31,8
193,5	9007,2	147,8	13915,0	31,5
387,0	9337,8	143,0	14261,5	30,8
774,0	9053,0	133,8	12655,5	30,5
Teste F	10,3**	2,9*	2,5*	1,9 ^{ns}
CV (%)	11,2	10,1	13,0	3,4

*, ** e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A quantidade de N acumulada na parte aérea apresentou resposta positiva e linear ao nitrogênio no experimento cuja fonte foi ureia (Figura 5). No experimento com esterco, houve respostas crescentes desta variável até a dose 129 kg ha⁻¹ de N (10 Mg ha⁻¹ de esterco). O aumento mais acentuado na quantidade de N acumulada, quando se forneceu N utilizando-se ureia, foi superior ao obtido no controle em 70%. Já no experimento com esterco, a quantidade máxima acumulada de N foi obtida com a aplicação de 129 kg ha⁻¹ de N (10 Mg ha⁻¹ de esterco), valor que corresponde a um incremento de 44% em relação ao obtido no controle.

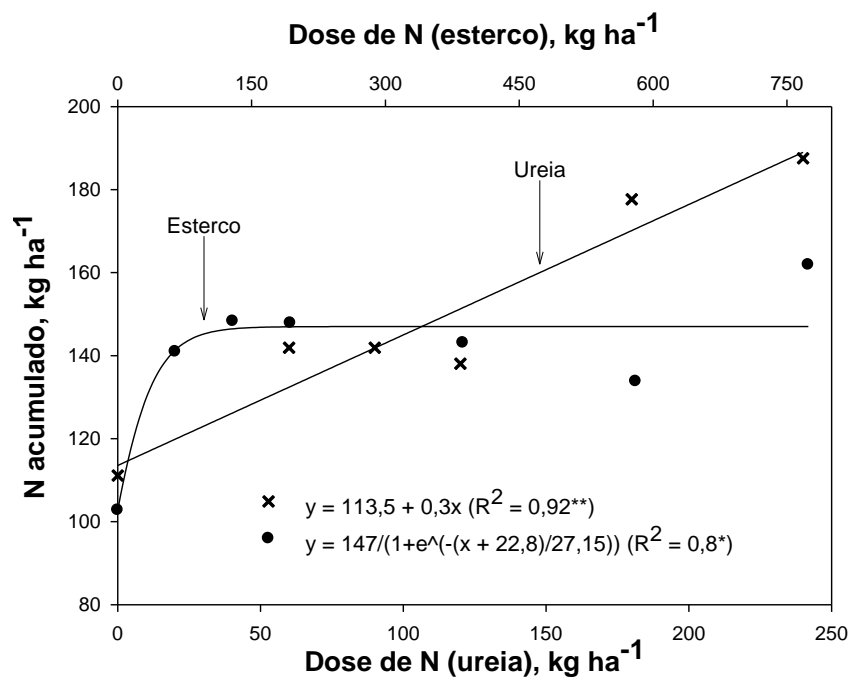


Figura 5. Acúmulo de N na biomassa aérea das plantas de milho em função da aplicação de N na forma de ureia e esterco bovino.

As maiores quantidades acumuladas de N, quando se utilizou ureia, podem ser explicadas pelo maior sincronismo entre a quantidade de N liberada pelo fertilizante sintético e o período de maior exigência da cultura (V12 e R1), uma vez que a velocidade de liberação de N é maior quando se utiliza a fonte ureia. Já o N-orgânico presente no esterco precisa ser mineralizado para ser liberado em uma forma disponível para as plantas.

Aliado a este fator, apenas uma fração do N-orgânico, presente no esterco, é disponibilizado no ano de sua aplicação (LANGMEIER et al., 2002; PRATT; BROADBENT; MARTIN, 1973). Desta forma, mesmo com quantidades de nitrogênio três vezes maior fornecido pelo esterco, observou-se menor acúmulo de N na biomassa da parte aérea, com conseqüente menor produtividade de grãos.

Araújo, Ferreira, e Cruz (2004), avaliando a resposta do milho à aplicação de nitrogênio com a fonte ureia, com doses de N variando entre 0 e 240 kg ha⁻¹, constataram aumentos significativos na quantidade acumulada de N e, a maior dose proporcionou aumento equivalente a 56% na quantidade acumulada deste nutriente em relação à obtida no controle.

A aplicação de N seja com a fonte ureia ou esterco promoveu alterações significativas na biomassa da parte aérea das plantas (Tabelas 4 e 5). Verifica-se que a resposta ao nitrogênio foi positiva e linear no quando se utilizou ureia, enquanto que esse efeito foi observado com a aplicação de até 129 kg ha⁻¹ de N (10 Mg ha⁻¹) com o esterco (figura 6).

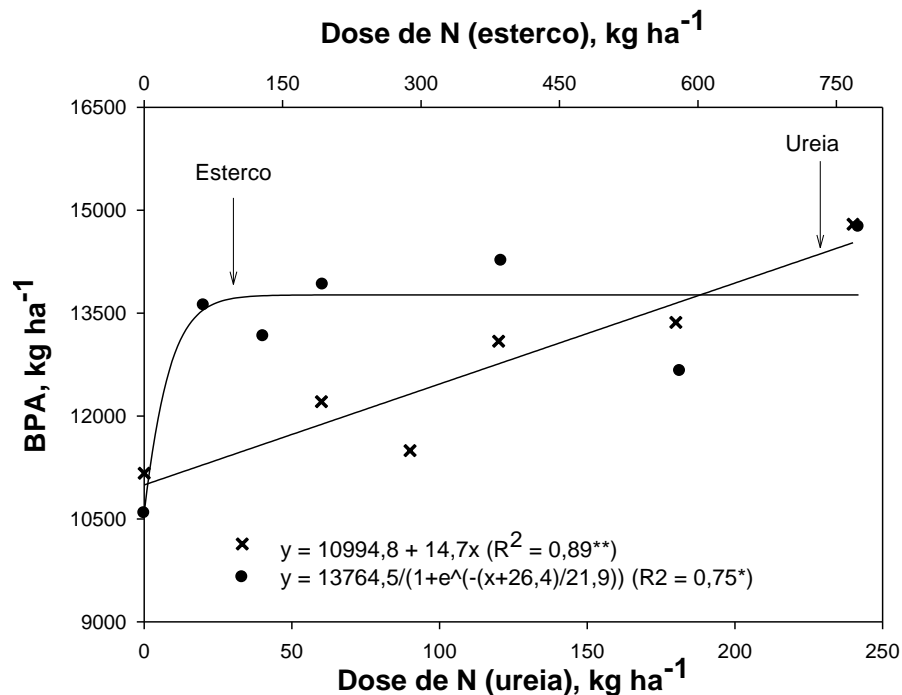


Figura 6. Biomassa da parte aérea em função da aplicação de N na forma de ureia e esterco bovino.

Comparando-se os maiores valores obtidos de biomassa da parte aérea com os valores obtidos no controle (Figura 6), em seus respectivos experimentos, constata-se que houve um incremento equivalente a 3184 kg ha⁻¹ quando se utilizou esterco e 3530 kg ha⁻¹ quando a fonte de N foi ureia.

Observa-se que os incrementos na quantidade de N acumulada na biomassa aérea das plantas (Figura 5), refletiram de forma similar na biomassa da parte aérea e, isso pode ser relacionado ao efeito que este nutriente promove no crescimento e no desenvolvimento das culturas, uma vez que é constituinte de importantes moléculas orgânicas e está relacionado com diversos processos bioquímicos e fisiológicos, tais como crescimento e diferenciação celular e fotossíntese (ENGELS; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

A aplicação de esterco promoveu alterações significativas em todos os atributos químicos do solo analisados (Tabela 6).

Tabela 6. Atributos químicos do solo em função de doses de esterco bovino.

Esterco	pH (CaCl₂)	COS	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC
Mg ha⁻¹		g dm⁻³	mg dm⁻³	-----mmol^c dm⁻³-----				
0	5,3	12,5	24,2	2,8	21,8	16,8	27	68,5
5	5,6	12,6	31,2	3,1	27,0	21,0	23,5	74,7
10	5,5	12,5	31,2	3,5	24,5	17,5	23,0	68,5
15	5,6	13,0	35,2	3,6	25,0	19,8	22,2	70,6
30	5,6	13,9	47,2	4,8	27,8	21,0	22,2	75,8
45	5,8	15,8	62,0	5,6	31,8	22,5	21,8	81,6
60	5,8	16,1	73,5	6,2	32,8	22,8	21,0	82,8
Teste F	4.9**	14,4**	12,1**	18,2**	6,4**	5,6**	8,7**	8,8**
CV (%)	2.6	6,0	24,0	14,5	11,5	5,8	5,8	5,3

** - Significativo a 1% de probabilidade.

Verifica-se por meio da análise da Figura 7, que a aplicação de esterco bovino promoveu aumentos significativos no teor de COS, sendo necessário a aplicação 60 Mg ha⁻¹ de esterco bovino para promover um incremento equivalente a 4,2 g dm⁻³ no teor de carbono orgânico do solo. Santos et al. (2006), trabalhando

com doses de até 50 Mg ha^{-1} de esterco bovino, obtiveram aumentos de $3,1 \text{ g dm}^{-3}$ no teor de COS.

Desta forma, salienta-se a dificuldade em se aumentar o teor de COS, principalmente em situações como a do presente experimento, em que a relação C/N do esterco aplicado é baixa, associado à maior disponibilidade hídrica e temperatura média elevada (Figura 1), que favorecem o aumento da atividade dos microrganismos e, conseqüentemente a mineralização da matéria orgânica em detrimento de sua manutenção ou aumento (EGHBALL, 2000; KNOEPP; SWANK, 2002).

Os teores de P disponível no solo aumentaram significativamente em função da aplicação de esterco bovino e, com base no ajuste obtido entre a concentração deste nutriente no solo e a quantidade de esterco aplicada, constatou-se aumento equivalente a $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ na disponibilidade de P, para cada 1 Mg ha^{-1} de esterco bovino aplicado (Figura 8). Verificou-se que a concentração de P disponível no solo com a aplicação de 60 Mg ha^{-1} de esterco foi superior à obtida no controle em 200%.

Este aumento na concentração de P disponível no solo é função principalmente da quantidade aplicada de esterco bovino (Tabela 1) e da mineralização deste resíduo pelos microrganismos do solo, com conseqüente liberação de P inorgânico (EGHBALL; GINTING; GILLY, 2004).

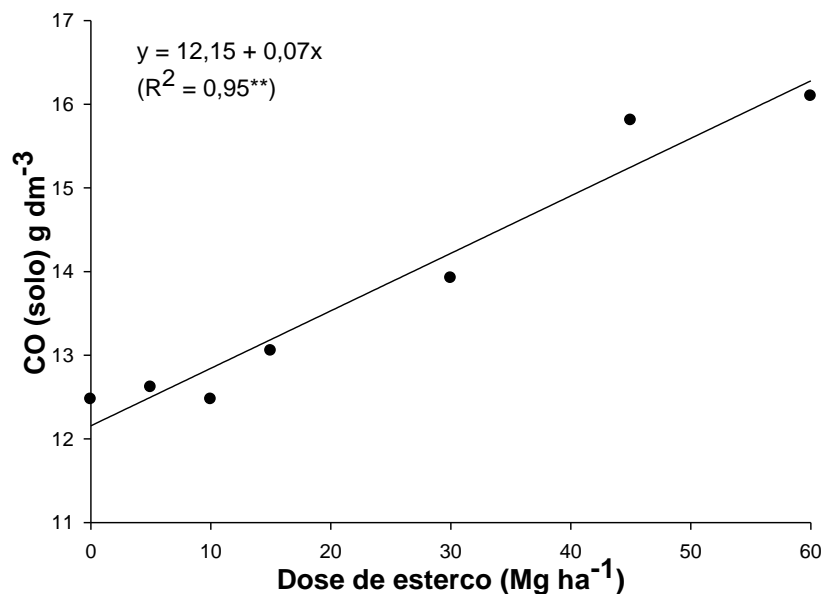


Figura 7. Efeitos da adubação com esterco bovino no teor de COS.

Adicionalmente, pode ter ocorrido aumento na disponibilidade de P em função da adsorção de substâncias húmicas e ácidos orgânicos oriundos da decomposição dos resíduos orgânicos ou da síntese de novos compostos pelos microrganismos do solo aos sítios de trocas que seriam ocupados pelo fosfato (REDDY et al., 1980; HUE; LICUDINE, 1999). Sibanda e Young (1986), verificaram que a adição de ácidos húmicos ao solo, promoveu redução na adsorção de P pelos óxidos e conseqüentemente aumento na disponibilidade deste nutriente no solo e, que o decréscimo na adsorção de P pelos óxidos foi mais acentuado, à medida que se aplicou maiores doses de ácidos húmicos. Segundo estes autores, além da ocupação dos sítios de adsorção pelos grupos carboxílicos das substâncias húmicas, há a formação de um campo eletrostático ao redor das moléculas de substâncias húmicas que contribui com a menor adsorção de P.

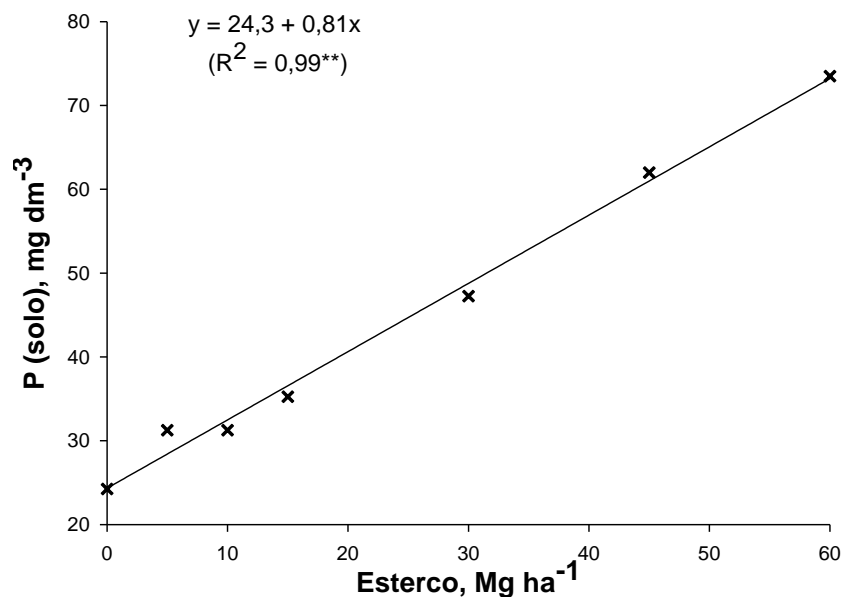


Figura 8. Efeitos da adubação com esterco bovino nos teores de P disponível no solo.

Observa-se que a aplicação de esterco bovino promoveu aumento significativo no pH do solo (Figura 9). Possivelmente, este efeito é resultado da ação isolada de um dos três mecanismos listados a seguir ou de uma possível interação

entre eles: 1) oxidação de ácidos orgânicos com consumo de H^+ ou liberação de OH^- durante a decomposição do material orgânico; 2) amonificação de resíduos nitrogenados com liberação de OH^- e 3) adsorção específica de óxidos e hidróxidos de Fe e Al pela matéria orgânica e ácidos orgânicos com consequente liberação de OH^- (HAYNES; MOKOLOBATE, 2001; TANG et al., 1999).

Whalen et al. (2000) e Eghball (1999), avaliando a influência da adição de esterco bovino no pH do solo, constataram incrementos significativos nesta variável. De acordo com Whalen et al. (2000), o aumento do pH do solo se deve à capacidade que os grupos fenólicos e hidroxílicos dos ácidos orgânicos possuem em aumentar o pH e a capacidade tampão do solo. Eghball (1999), no entanto, propõe que o aumento no pH do solo é resultado da presença de $CaCO_3$ nas fezes dos animais, visto que grande parte do $CaCO_3$ fornecido na dieta não é metabolizado pelos animais.

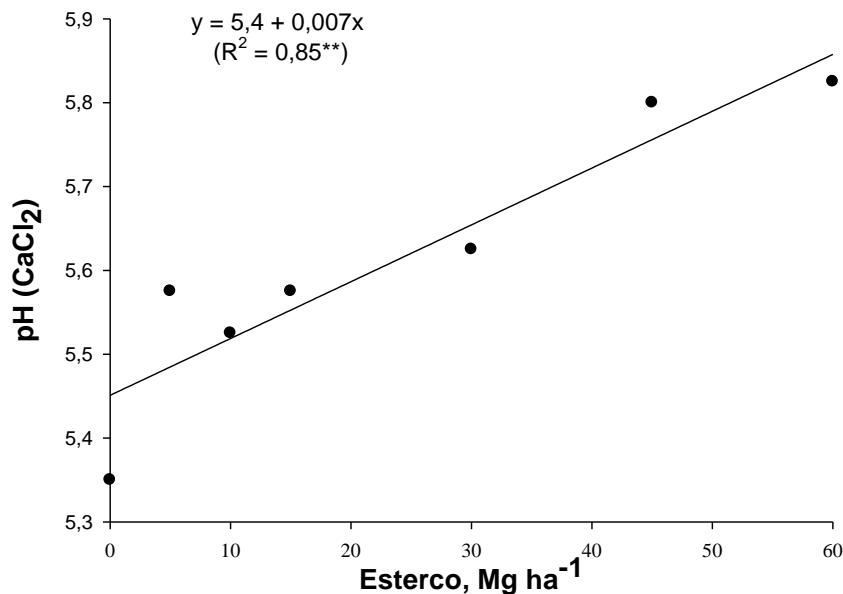


Figura 9. Efeitos da adubação com esterco bovino no pH do solo.

A acidez potencial ao contrário dos outros atributos químicos, apresentou menores valores à medida que se aumentaram as doses de esterco bovino, sendo o

mínimo estimado $21 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, obtido com a dose de 45 Mg de esterco bovino ha^{-1} (Figura 10).

A redução da acidez potencial pode ser atribuída principalmente à neutralização de H^+ na solução do solo e a ação complexante da matéria orgânica do solo, sendo a contribuição destes efeitos aumentada com as doses mais elevadas. Com a neutralização de H^+ , ocorre aumento do pH do solo e redução na solubilidade do Al^{+3} , e precipitação de Al^{+3} na forma de hidróxidos.

Adicionalmente, pode ter ocorrido redução da disponibilidade de Al^{+3} trocável devido à formação de complexos entre este cátion e os ácidos orgânicos ou substâncias húmicas provenientes da mineralização da matéria orgânica (HAYNES; MOKOLOBATE, 2001; STOL; VAN HELDEN; BRUYN, 1976; STEVENSON; VANCE, 1989).

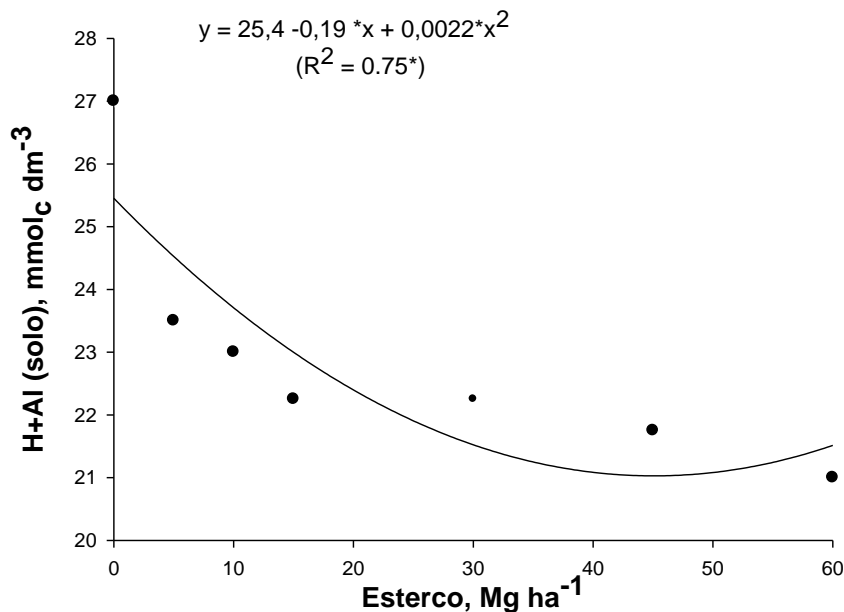


Figura 10. Efeitos da adubação com esterco na acidez potencial (H+Al).

Observaram-se aumentos significativos na concentração de Ca, Mg e K trocáveis no solo em função da aplicação de esterco (Figuras 11, 12 e 13). A aplicação de 60 Mg ha^{-1} de esterco bovino promoveu incrementos na concentração de Ca, Mg e K equivalentes a $9,84$; $5,1$ e $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente, em relação à concentração observada no controle. O aumento observado na concentração

destes nutrientes no solo é atribuído à presença dos mesmos elementos no esterco (Tabela 1).

A CTC do solo aumentou linearmente em função da aplicação de esterco bovino (Figura 14). Verifica-se, que a CTC do solo obtida com a aplicação de 60 Mg ha⁻¹ de esterco foi superior à obtida no controle em 14 mmolc dm⁻³. Embora, a matéria orgânica contribua com grande parte da CTC dos solos de regiões tropicais, o aumento observado na CTC no presente trabalho se deve, principalmente ao aumento na concentração de K, Ca e Mg no solo, uma vez que a CTC do solo foi calculada pelo somatório dos cátions trocáveis no solo e a acidez potencial (RAIJ et al., 2001). No entanto, o aumento na quantidade de cargas no solo devido ao aumento do teor de COS, pode ter propiciado maior retenção desses cátions, evitando que estes fossem lixiviados para camadas mais profundas.

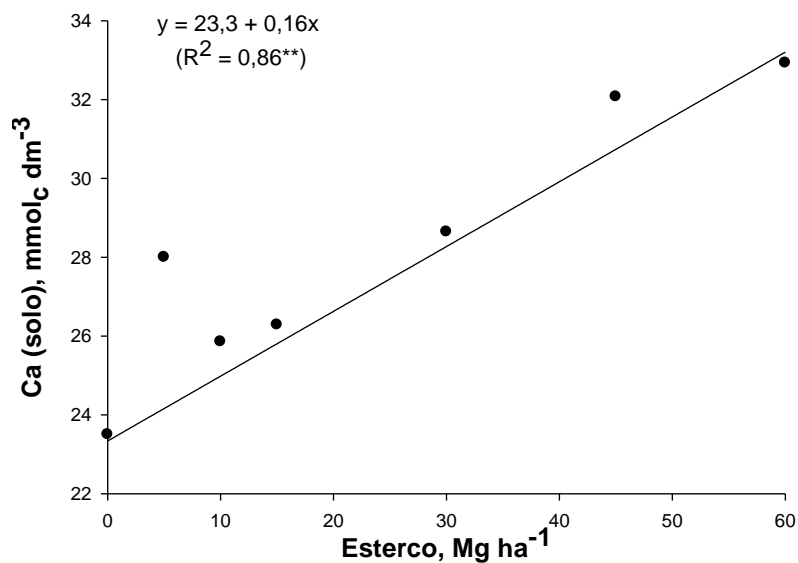


Figura 11. Efeitos da adubação com esterco bovino nos teores de Ca trocável no solo.

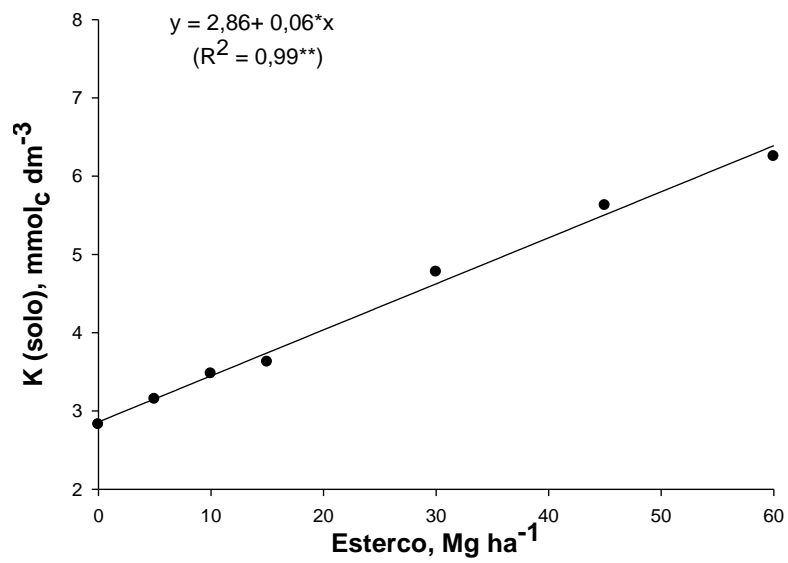


Figura 12. Efeitos da adubação com esterco bovino nos teores de Mg trocável no solo.

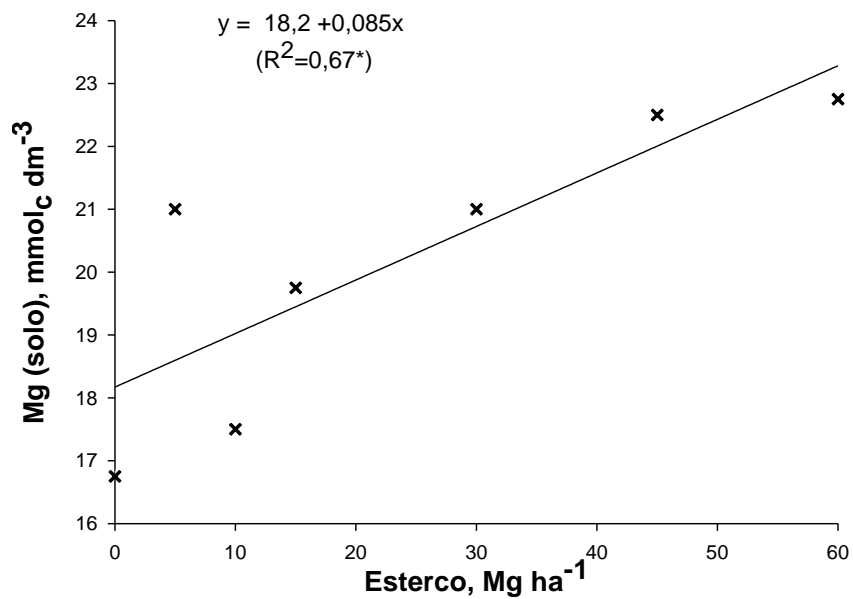


Figura 13. Efeitos da adubação com esterco bovino nos teores de K trocável no solo.

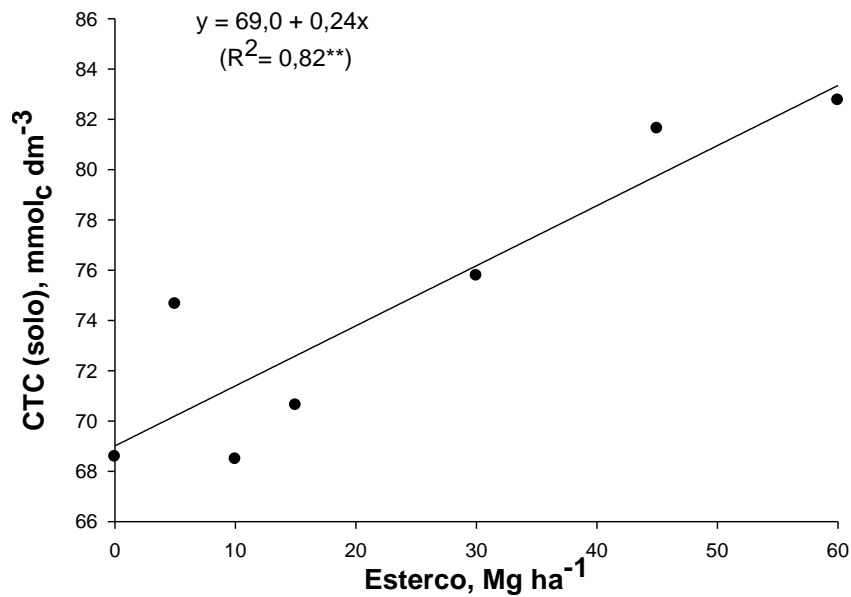


Figura 14. Efeitos da adubação com esterco bovino na CTC do solo.

Embora a aplicação de esterco tenha promovido incrementos significativos nos teores de Ca e Mg trocáveis no solo e fornecido quantidades significativas de S, isso não refletiu em aumentos significativos na quantidade acumulada desses nutrientes na biomassa aérea das plantas de milho (Tabela 7).

Acredita-se que a aplicação de esterco não promoveu alteração na quantidade acumulada de Ca e Mg na biomassa da parte aérea das plantas pelo fato de que os teores desses elementos no solo se encontravam em níveis adequados para suprir a necessidade da cultura. O mesmo pode ser atribuído ao S (Tabelas 1 e 7).

Tabela 7. Acúmulo de P, K, Ca, Mg e S na biomassa da parte aérea em função de doses de esterco bovino.

Esterco	P	K	Ca	Mg	S
Mg ha⁻¹	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	11,0	115,5	22,0	22,0	11,0
5	16,5	148,5	22,0	33,0	11,0
10	22,0	165,0	22,0	27,5	11,0
15	22,0	176,0	27,5	27,5	11,0
30	16,5	170,5	22,0	27,5	11,0
45	22,0	176,0	22,0	27,5	11,0
60	22,0	209,0	22,0	27,5	11,0
Teste F	29,3 ^{**}	24,0 [*]	0,5 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,1 ^{ns}
CV (%)	8,5	7,0	21,7	15,3	20,7

^{*}, ^{**} e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Os incrementos de K no solo, em função da aplicação de esterco (Figura 12) refletiram significativamente no acúmulo deste nutriente na biomassa aérea das plantas (Figura 15), sendo a resposta positiva e linear na quantidade acumulada de K em função da aplicação de esterco. A quantidade de K acumulada na parte aérea com a aplicação de 60 Mg ha⁻¹ de esterco foi de 205 kg ha⁻¹, valor superior ao obtido no controle em 65 kg ha⁻¹.

O aumento linear na quantidade acumulada de K está relacionado à forma solúvel que o nutriente se encontra no esterco. Esse fato implica na disponibilidade imediata deste nutriente às plantas, após a aplicação do esterco no solo (EGHBALL et al., 2002). De acordo com este autor, quase 100% do K do esterco encontra-se solúvel, o que faz com que a eficiência no fornecimento de K pelo esterco seja similar à dos fertilizantes sintéticos.

Embora a concentração de P disponível no solo tenha aumentado linearmente em função da aplicação de esterco, isso não refletiu da mesma forma na quantidade acumulada deste nutriente na biomassa aérea das plantas. Verificou-se

aumento na quantidade acumulada de P na biomassa aérea das plantas com a aplicação de até 20 Mg ha⁻¹ de esterco (Figura 16).

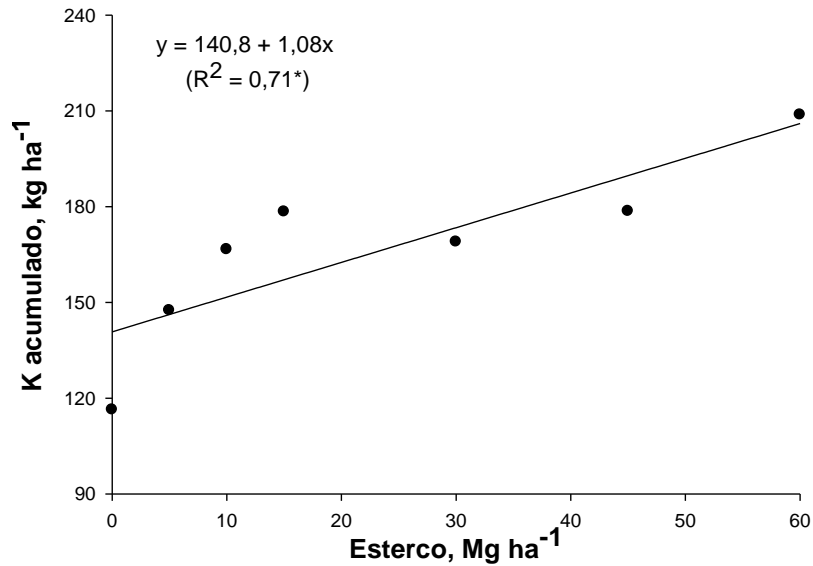


Figura 15. Efeitos da adubação com esterco no acúmulo de K na biomassa aérea das plantas de milho.

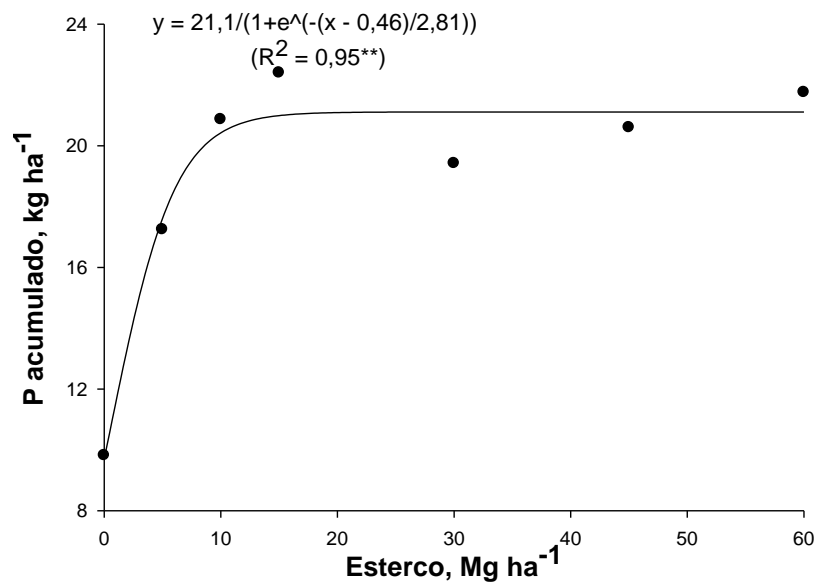


Figura 16. Efeitos da adubação com esterco no acúmulo de P na biomassa aérea das plantas de milho.

Observou-se alterações significativas em função da aplicação de esterco bovino, apenas na concentração de P, Mg e S na folha diagnose (Tabela 8).

Tabela 8. Concentração de P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose em função de doses de esterco bovino.

Esterco	P	K	Ca	Mg	S
Mg ha⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----				
0	1,7	25,0	2,6	1,1	2,2
5	2,3	24,8	2,8	1,4	2,4
10	2,4	25,2	2,7	1,3	2,4
15	2,4	25,2	2,7	1,3	2,5
30	2,6	25,5	2,9	1,5	2,6
45	2,7	26,6	2,8	1,4	2,5
60	2,7	26,1	2,8	1,4	2,6
Teste F	45,3**	1,6 ^{ns}	1,8 ^{ns}	4,2**	3,5*
CV (%)	4,2	4,1	5,2	7,6	5,7

*, ** e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

O aumento na concentração de P e S na folha diagnose ocorreu com a aplicação de até 20 Mg ha⁻¹ de esterco.

Pandolfo et al. (2010), avaliando as alterações nos teores dos macronutrientes na folha diagnose das plantas de milho, conduzido em um Cambissolo álico, em função da aplicação de dejetos líquidos de suínos, constataram alterações significativas apenas na concentração de P e, o aumento obtido na concentração deste nutriente na folha diagnose com a aplicação da maior dose em relação ao obtido no controle foi equivalente a 39%. Para estes autores, a aplicação de dejetos líquidos de suínos não promoveu alterações significativas na concentração de N e K na folha diagnose, devido à perda destes nutrientes por lixiviação, resultado da elevada precipitação que ocorreu durante o período em que o experimento foi conduzido.

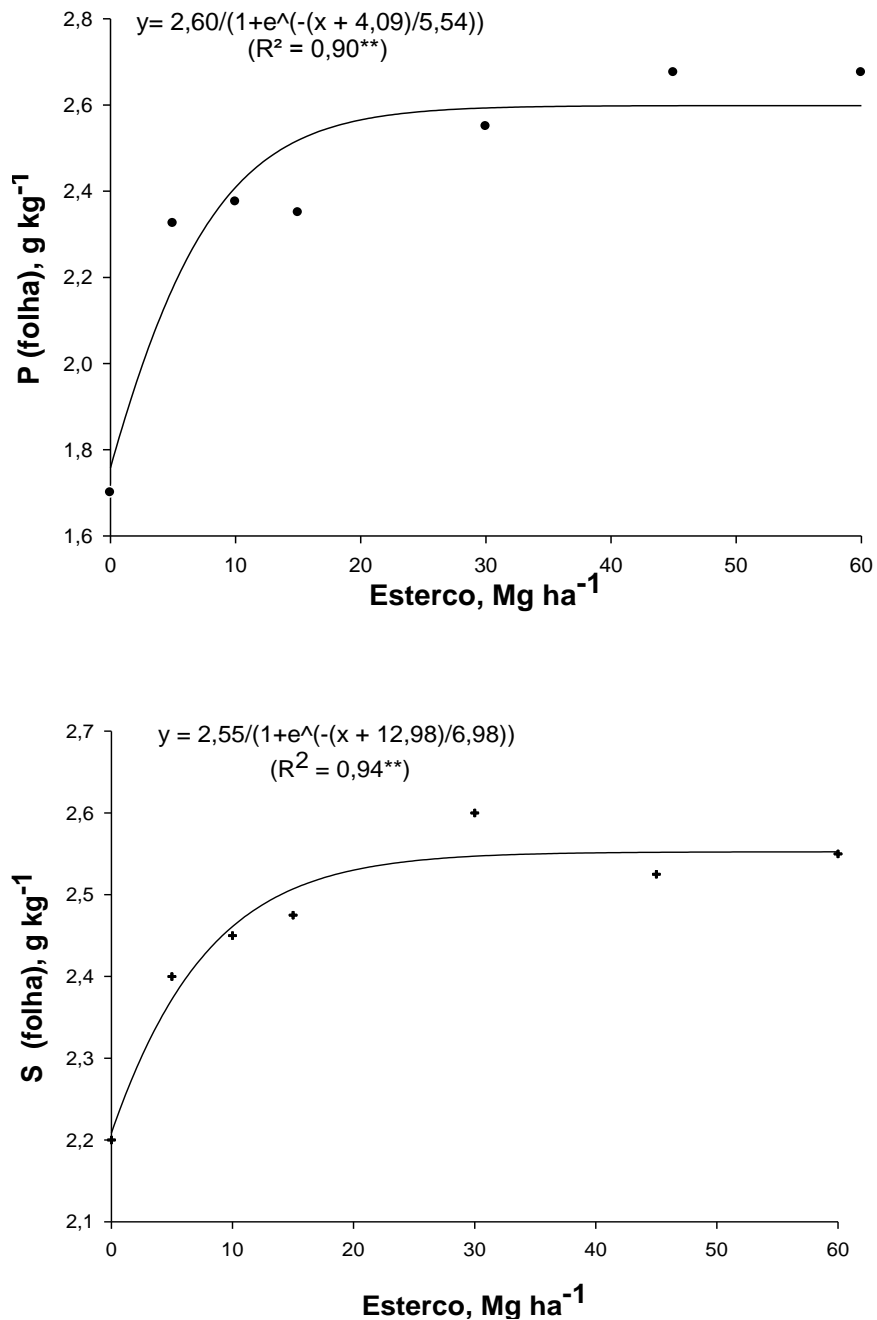


Figura 17. Efeitos da adubação com esterco de curral na concentração de P e S na folha diagnose.

O aumento linear na concentração de Mg trocável no solo em função da aplicação doses de esterco, não refletiu em aumento linear na concentração de Mg na folha diagnose (Figura 18). Verifica-se que o aumento na concentração de Mg na folha diagnose ocorre com a aplicação de até 35,7 Mg ha⁻¹ de esterco. Nesta dose, a

concentração deste nutriente na folha diagnose foi superior à obtida no controle em 21%.

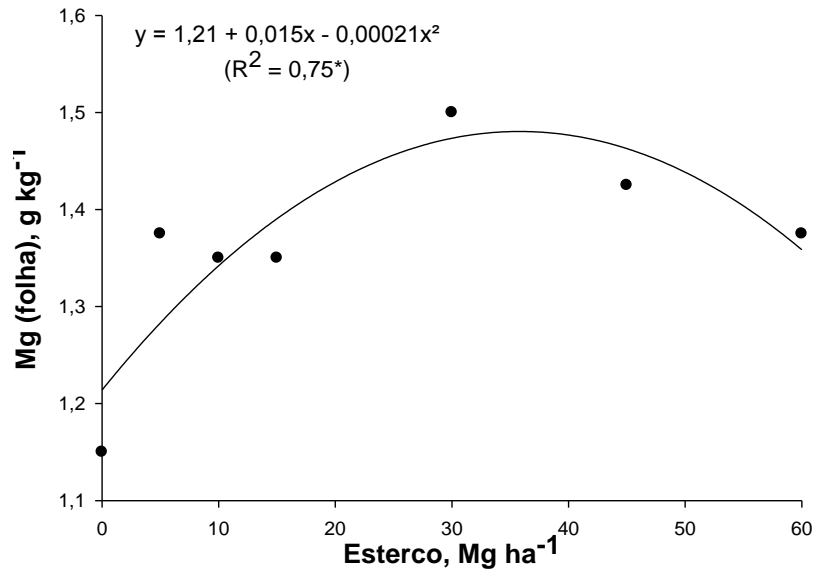


Figura 18. Efeitos da adubação com esterco de curral na concentração de Mg na folha diagnose.

Dentre os micronutrientes avaliados na folha diagnose (B, Cu, Fe, Mn e Zn), apenas Fe e Mn foram alterados significativamente em função da aplicação de esterco (Tabela 9). Observa-se na Figura 19, que a relação entre a concentração de Fe e a aplicação de esterco foi linear e positiva, enquanto a relação entre a aplicação de esterco e concentração de Mn foi negativa (Figura 20).

A concentração de Fe na folha diagnose aumentou linearmente, em função da aplicação de esterco bovino e, com base no ajuste obtido, constata-se que na maior dose, a concentração de Fe na folha diagnose é superior à obtida no controle em 50%. Isso é explicado pela concentração de Fe no esterco e pela quantidade aplicada, que resultou em aumento na disponibilidade de Fe no solo e, conseqüentemente, maiores quantidades deste nutriente foram absorvidas pelas plantas.

A redução na concentração de Mn na folha diagnose em função da aplicação de esterco, pode ser resultado da redução na disponibilidade deste nutriente no solo

em função do aumento do pH do solo (Figura 9), uma vez que a disponibilidade deste nutriente na solução do solo é reduzida significativamente em função de aumentos no pH (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 9. Concentração de B, Cu, Fe, Mn e Zn da folha diagnose em função de doses de esterco bovino.

Esterco	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Mg ha ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----				
0	11,2	8,5	103,8	56,0	23,5
5	11,8	10,2	128,5	52,0	25,2
10	11,5	9,0	125,2	52,0	25,8
15	11,8	9,2	131,8	51,0	24,8
30	12,8	10,5	130,8	52,0	25,2
45	12,0	10,0	161,0	50,8	25,2
60	12,5	10,0	171,5	48,0	26,0
Teste F	1,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}	3,6 [*]	4,6 ^{**}	0,6 ^{ns}
CV (%)	7,8	11,1	17,8	4,3	8,1

^{*}, ^{**} e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

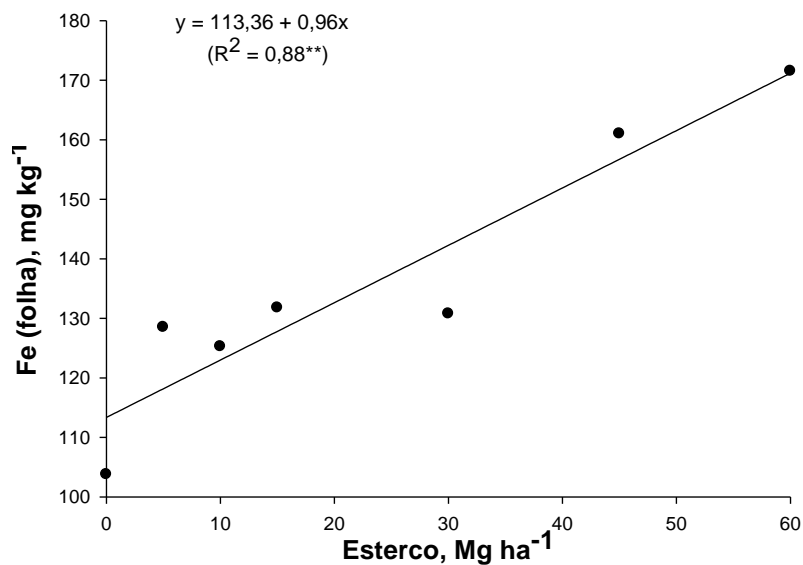


Figura 19. Efeitos da adubação com esterco de curral na concentração de Fe na folha diagnose.

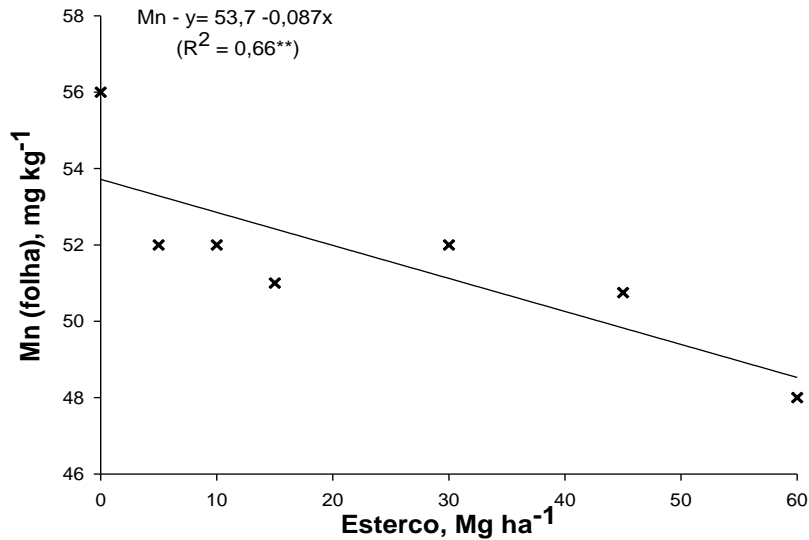


Figura 20. Efeitos da adubação com esterco de curral na concentração de Mn na folha diagnose.

A concentração de K, Ca e Mg na matéria seca dos grãos não foi alterada significativamente pela aplicação de esterco bovino. Em contrapartida houve efeito significativo da aplicação de esterco na concentração de N, P e S (Tabela 10).

Analisando a Figura 21, verifica-se por meio do ajuste obtido entre a concentração de nitrogênio e doses de esterco, que ocorreu aumento expressivo na concentração de N nos grãos com a aplicação de até 27 Mg ha⁻¹ de esterco, dose na qual propiciou concentração de N nos grãos superior ao obtido no controle em 12%.

Observa-se que a concentração de nitrogênio nos grãos em função da aplicação de esterco, ocorreu de forma análoga ao constatado no acúmulo de nitrogênio na BPA (Figuras 6 e 21). Isso pode estar relacionado ao fato de que grande parte do N presente nas partes vegetativas, é translocado para os grãos (RITCHIE et al., 2003). Desta forma, maiores quantidades acumuladas de N em função da aplicação de esterco, refletiram em aumento na concentração deste nutriente nos grãos.

A aplicação de esterco bovino promoveu aumentos na concentração de P e S nos grãos e, verifica-se que este aumento ocorre no intervalo compreendido entre o

controle e a dose de 10 Mg ha⁻¹ de esterco, com um aumento em relação ao obtido no controle equivalente a 37% para o P e 19% para o S (Figura 22).

Tabela 10. Concentração de macronutrientes nos grãos em função de doses de esterco bovino.

Esterco	N	P	K	Ca	Mg	S
Mg ha⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----					
0	11,6	1,3	3,0	0,2	0,8	0,7
5	12,6	1,7	3,0	0,2	0,8	0,8
10	12,8	1,9	3,3	0,2	0,9	0,9
15	12,6	1,8	3,0	0,2	0,8	0,9
30	13,0	1,7	3,1	0,3	0,8	0,8
45	13,3	2,0	3,3	0,2	0,9	0,9
60	13,0	2,0	3,4	0,2	0,9	0,9
Teste F	7,0 ^{**}	14,7 ^{**}	2,5 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,9 ^{ns}	4,3 ^{**}
CV (%)	3,3	6,7	6,2	26,9	8,6	6,7

^{*}, ^{**} e ^{ns} - Significativos a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F

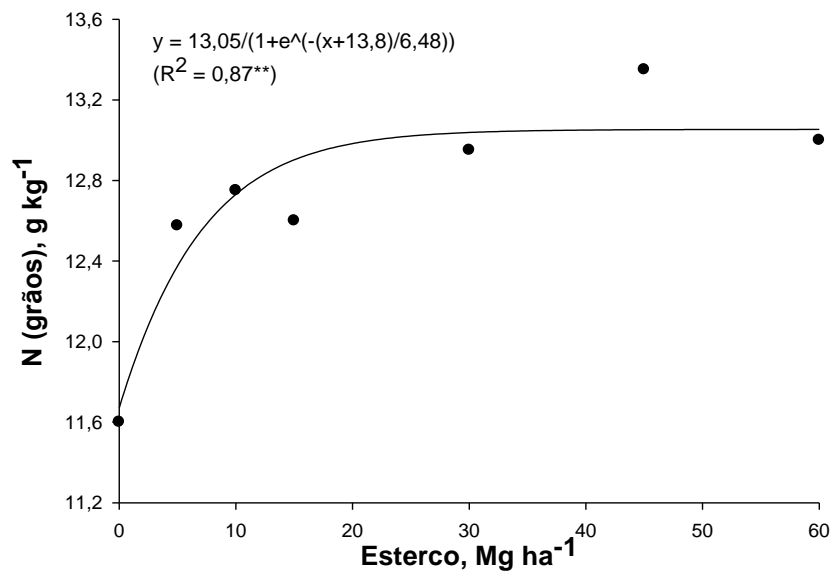


Figura 21. Efeitos da adubação com esterco de curral na concentração de N na matéria seca dos grãos.

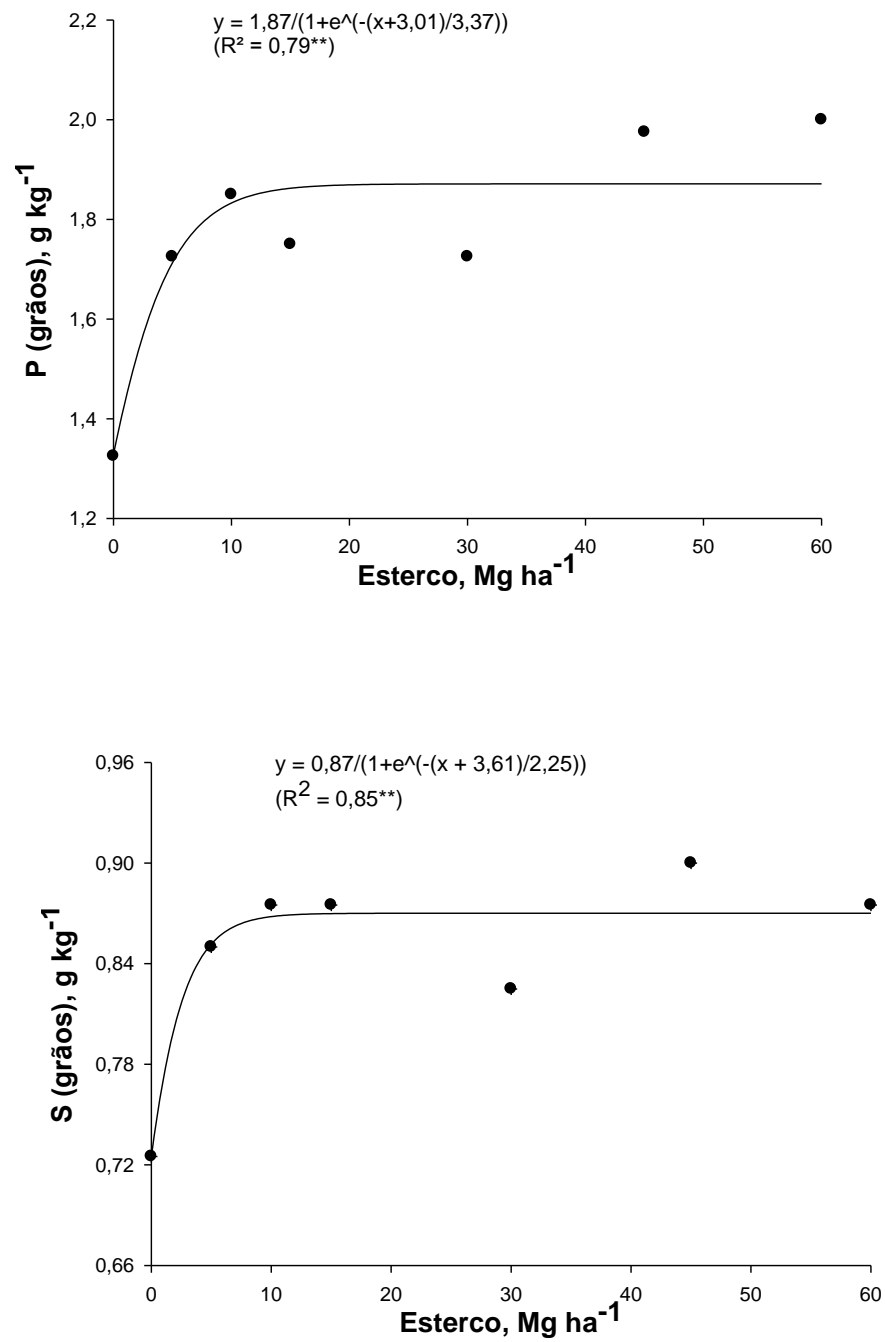


Figura 22. Efeitos da adubação com esterco de curral na concentração de P e S na matéria seca dos grãos.

5. CONCLUSÕES

Em função das doses de esterco bovino aplicadas, obteve-se créditos de nitrogênio variando de 31 a 76 kg ha⁻¹ de N;

A aplicação de 30 Mg ha⁻¹ de esterco bovino possibilita a dedução de 76 kg ha⁻¹ de N;

A adubação com esterco bovino não promoveu alterações significativas no número de fileiras por espiga, massa de cem grãos e na massa de grãos por espiga;

A maior quantidade de grãos por espiga foi obtida com a dose de 28 Mg ha⁻¹ de esterco bovino;

A aplicação de esterco bovino promoveu aumentos lineares no pH, COS, P, K, Ca, Mg, e CTC e decréscimos na acidez potencial;

Observaram-se aumentos lineares na quantidade acumulada de K na biomassa da parte aérea em função da aplicação de esterco bovino e, aumento na quantidade acumulada de P na biomassa da parte aérea com a aplicação de até 20 Mg ha⁻¹ de esterco bovino;

A concentração de P e S na folha diagnose aumentou com a aplicação de até 30 Mg ha⁻¹ de esterco bovino;

A concentração de Fe na folha diagnose aumentou linearmente e a de Mn decresceu linearmente em função da aplicação de esterco bovino;

Observaram-se aumentos na concentração de N nos grãos com a aplicação de até 27 Mg ha⁻¹ de esterco e, aumento na concentração de P e S com a aplicação de até 20 Mg ha⁻¹ de esterco.

6. REFERÊNCIAS:

- ALCARDE, J. C. **Manual de análise de fertilizante**. Piracicaba: FEALQ, 2009. 259p
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.29, p.467-473, 2005.
- ANO, A. O.; UBOCHI, C. I. Neutralization of soil acidity by animal manures: mechanism of reaction. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 6, p. 364-368, 2007.
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.
- ASAGI, N.; UENO, H. Nitrogen dynamics in paddy soil applied with various ¹⁵N-labelled green manures. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 322, p. 251–262, 2009.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p.
- BEAUCHAMP, E. G. Availability of nitrogen from three manures to corn in the field. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 66, p.713-720, 1986.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.365-372, 2000.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: Novais, R.F. et al., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p.45-71 (Boletim técnico, 100).
- COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. 94 p. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**, Brasília, v. 1, p. 1-154, 2013. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_13_10_39_43_perspectivas_1.pdf. Acesso em 15 set. 2013.

COYNE, M. **Microbiologia del suelo: um enfoque exploratorio**. Madrid, ESP: PARANINFO, 2000. 416 p.

EFTHIMIADOU, A.; BILALIS, D.; KARKANIS, A.; FROUD-WILLIAMS, B.; ELEFTHEROHORINOS, I. Effects of cultural system (organic and conventional) on growth, photosynthesis and yield components of sweet corn (*Zea mays* L.), under semiarid environment. **Notulae Botanica Hort Agrobotanici Cluj**, Napoca, v. 37, p. 105-111, 2009.

EGHBALL B.; GINTING D.; GILLY J. E. Residual effects of manures and compost application on corn production and soil properties. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 442-447, 2004.

EGHBALL, B. Liming effects of beef cattle manure or compost. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 30, p. 2563-2570, 1999.

EGHBALL, B. Nitrogen mineralization from field applied beef cattle feedlot manure and compost. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, p. 2024-2030, 2000.

EGHBALL, B.; WIENHOLD, B. J.; GILLEY, J. E.; EIGENBERG, R. A. Mineralization of Manure Nutrients. **Journal of Soil and Water Conservation**, 57:469-473, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA: **Cultivo do Milho: Introdução e Importância Econômica do Milho**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>> Acesso em: 09/10/2010>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed, Rio de Janeiro, 2006, 306p.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.41-71.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos, con énfasis en suelos de América latina**. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1975. 398p.

FERREIRA, D . F. Sisvar versão 5.0 (Biud 66). Sistemas de análises de variância para dados balanceados: **Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra Mundial de Milho 2013/14 - 5º Levantamento do USDA**. Informativo DEAGRO, SETEMBRO DE

2013. Disponível em: < <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 15 out. 2013 .

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.

GANASSALI de OLIVEIRA JÚNIOR, L. F.; Bressan SMITH, R. E.; OLIVEIRA REIS, F.; CAMPOSTRINI, E.; GONZAGA PEREIRA, M. Diferenças Fisiológicas entre Genótipos de Milho Doce e Milho Comum durante o desenvolvimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.4, p.351-356, 2007.

HARPER, J. E. Uptake of organic nitrogen forms by roots and leaves. In: HAUCK, R.D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1984. p.165-170.

HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 59, p. 47-63, 2001.

HUE, N. V.; LICUDINE, D. L. Amelioration of subsoil acidity through surface application of organic manures. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 28, p. 623–632, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Sao Paulo: Ceres, 1985. 492p.

KLAUSNER, S. D.; KANNEGANTI, V. R.; BOULDIN, D. R. An approach for estimating a decay series for organic nitrogen in animal manures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 897-903, 1994.

KNOEPP, J. D.; SWANK, W. T. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 36, p. 177–182, 2002.

LANGMEIER M.; FROSSARD E.; KREUZER M.; MA"DER P.; DUBOIS D.; OBERSON A. Nitrogen fertilizer value of cattle manure applied on soils originating from organic and conventional farming systems. **Agronomie**, v. 22, p. 789-800, 2002.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G. (Org.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer, 1997. p. 1-56.

LORY, J. A.; RUSSELLE, M. P.; PETERSON, T. A. A comparison of two Nitrogen Credit Methods: Traditional vs. Difference. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 648-651, 1995.

MA, B. L.; SUBEDI, K.D.; COSTA, C. Comparison of crop-based indicators with soil nitrate test for corn nitrogen requirement. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p. 462-471, 2005. Disponível em< <http://DOI: 10.2134/agronj2005.0462>>.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Sao Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MALLORY, E. B., GRIFFIN, T. S., PORTER, G. A. Seasonal nitrogen availability from current and past applications of manure. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 88, p. 351–360, 2010.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 101-110, 2008.

NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.; DAMPNEY, P. M. R. Nitrogen value of poultry litter applications to roop crops and following cereal crops. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 140, p. 53-64, 2003.

NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.; SMITH, K. A.; HARRISON, R. Spring applied organic manures as a source of nitrogen for cereal crops: experiments using field scale equipment. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge v. 133, p. 353–363, 1999.

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

OLOYA, T. O.; LOGAN, T. J. Phosphorus desorption from soil and sediments with varying levels of extractable phosphate. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 9, p. 526-531, 1980.

ORIOLI JÚNIOR, V.; PASQUETTO, J. V. G.; CARDOSO, S. S.; COUTINHO NETO, A. M.; COUTINHO, E. L. M. Adubação nitrogenada e sulfatada aplicada em semeadura via fertilizante convencional e contendo S₀, na nutrição e produção de grãos de milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 1, p.30-36, 2013.

OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de brachiaria brizantha cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 40, p. 126-132, 2010.

PRATT, P. F.; BROADBENT, F. E.; MARTIN, P. Using organic wastes as nitrogen fertilizers. **California Agriculture**, v. 27, p. 10-13, 1973.

RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: 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: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 233-239.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p.240-261.

REDDY, K.; OVERCASH M. R.; KHALEAL R.; WESTERMAN, P. W. Phosphorus sorption-desorption characteristics of two soil utilized for disposal of manure. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 9 p. 86-92, 1980.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; BRITO, C. H.; DORNELAS, S. M. C.; NÓBREGA, P. R. J. Produção de batata doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 103-106, 2006.

SANTOS, J. G. P. dos. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em Latossolo Vermelho**. 70 p. Dissertação de mestrado (Ciências Agrárias). Universidade de Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2008.

SCHRÖDER, J. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. **Bioresource Technology**, Essex, v. 96, p. 253-261, 2005.

SIBANDA, H. M.; YOUNG, S. D. Competitive adsorption of humus acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. **Journal of Soil Science**, Ontario, v. 37, p. 197-204, 1986.

SILVA, M. S. **Atividade Inseticida da Folha e da Torta da Semente de Nim *Azadirachta indica* A. Juss (Meliácea) no Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em Milho: *Zea mays* L. (Poaceae)**. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2009.

SILVA, R.F.; BORGES, C.D.; GARIB, D.M.; MERCANTE, F.M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2435-2448, 2008.

SMITH, K. A.; CHAMBERS, B. J. Muck: from waste to resource. Utilization: the impacts and implications. **Agricultural Engineering**, Raleigh, v. 50, p. 33–38, 1995.

STEVENSON, F. J.; VANCE, G. F. Naturally occurring aluminium – organic complexes. In: Sposito, G., (ed.) **The Environmental Chemistry of Aluminium**. CRC Press, Boca Raton, 1989. p. 117-146.

STOL, R. J.; VAN HELDEN, A. K.; BRUYN, P. L. de. Hydrolysis precipitation studies of aluminium (III) solutions. 2. A kinetic study and model. **Journal Colloid and Interface Science**, London, v. 57, p. 115-131, 1976.

TANG C.; SPARLING C. P.; MC LAY C. D. A.; RAPHAEL C. Effect on short-term residue decomposition on soil acidity. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 37, p. 591-594, 1999.

TOLANUR, S. I. Effect of different organic manures, green manuring and fertilizer nitrogen on yield and uptake of macro nutrients by chickpea in vertisol. **Legume Research**, Kamal, v. 32, p. 304-306, 2009.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: ABES. 2002,468p.

URIBELARREA, M.; CRAFTS-BRANDNER, S. J; BELOW, F. E. Physiological N response of field-grown maize hybrids (*Zea mays* L.) with divergent yield potential and grain protein concentration. **Plant and Soil**, V. 316, p. 151-160. Disponível em <DOI: 10.1007/s11104-008-9767-1>.

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

WHALEN, J. K.; CHANG, C.; CLAYTON, G. W.; CAREFOOT, J. P. Cattle manure can increase the pH of acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, p. 962-966, 2000.

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