

JULIANO MAGALHÃES BARBOSA

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UM FERTILIZANTE
FONTE DE MICRONUTRIENTES NAS CULTURAS DA
SOJA E MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

Co-orientador(a):

Prof.(a) Dr.(a) Eliana Paula Fernandes

Goiânia, GO – Brasil

2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
(GPT/BC/UFG)**

B238e **Barbosa, Juliano Magalhães.**
Eficiência agronômica de um fertilizante fonte de micronutrientes nas culturas da soja e milho [manuscrito] / Juliano Magalhães Barbosa. – Goiânia, 2010.
76 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro; Co-orientadora: Eliana Paula Fernandes Brasil
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2010.
Bibliografia.

Inclui lista de figuras e tabelas.
Apêndices.

1.Fertilizante – Atributos químicos. 2. *Glicine max* 3. *Zea mays* 4. Cerrado. I. Título.

CDU: 661.152.33

Permitida a reprodução total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor

Aos meus pais,
Mário Januário & Alíria de Magalhães
Pelo que sou.
DEDICO

A minha querida namorada, Ludmilla,
Pelos abraços, sorrisos, alegria, apoio
Pelo carinho e compreensão.
E ao meu filho, Gustavo
Com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força suprema nos momentos difíceis desta minha caminhada.

À Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), pela oportunidade de realização do curso de mestrado em Agronomia.

Aos meus orientadores, professores Dr. Wilson Mozena Leandro e Dr(a). Eliana Paula Fernandes, pela competência e determinação na orientação, ensinamentos e solidariedade, minha admiração, respeito, o meu muito obrigado.

À Funape e a Stefani pelo financiamento da pesquisa.

Ao CNPq pela bolsa de estudo.

E aos meus irmãos João Gabriel e Eduardo, pelo incentivo.

Aos amigos da pós-graduação em Agronomia da EA/UFG, Cláudia Fabiana, Rafael, Ricardo, Maria Lúcia, Anderli, Lilian pelos momentos de descontrações, aprendizado, e companheirismo durante esta caminhada.

Ao secretário da Pós-graduação Welinton Barbosa Mota, pela sua presteza, amizade e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho se tornasse uma realidade.

Agradeço sinceramente

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE APÊNDICES.....	9
RESUMO GERAL.....	10
GENERAL ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	14
2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO.....	14
2.2 SOLO DO CERRADO.....	17
2.3 ASPECTOS DO SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	19
2.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS.....	21
2.5 REFERÊNCIAS.....	26
3 EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTE FONTE DE MICRONUTRIENTES APLICADOS NA CULTURA DA SOJA.....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	33
3.1 INTRODUÇÃO.....	34
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.2.1 Caracterização da área experimental.....	36
3.2.2 Tratamentos.....	37
3.2.3 Variáveis analisadas.....	37
3.2.4 Análises foliares.....	38
3.2.5 Produtividade.....	38
3.2.6 Análise estatística.....	39
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.4 CONCLUSÕES.....	45
3.5 REFERÊNCIAS.....	45
4 EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTE FONTE DE MICRONUTRIENTES APLICADO VIA SOLO PARA CULTURA DO MILHO.....	49
RESUMO.....	49
ABSTRACT.....	49

4.1	INTRODUÇÃO.....	50
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	52
4.2.1	Caracterização da área experimental.....	52
4.2.2	Tratamentos.....	
4.2.3	Variáveis analisadas.....	
4.2.4	Análises foliares.....	
4.2.5	Produtividade.....	54
4.2.6	Análise estatística.....	55
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.4	CONCLUSÕES.....	63
4.5	REFERÊNCIAS.....	64
5	CONCLUSÕES GERAIS.....	67
6	APÊNDICES.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Atributos químicos do solo na camada 0 – 20 cm antes da instalação do experimento da soja (junho de 2007). Goiânia, GO.....	36
Tabela 4.1	Atributos químicos do solo na camada de 0 – 20 cm antes do plantio da cultura do milho (outubro de 2008). Goiânia, GO.....	52
Tabela 4.2	Teores mínimos, máximos e médios dos micronutrientes no solo, obtidos para a cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.....	56
Tabela 4.3	Teores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas camadas amostradas. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.....	60
Tabela 4.4	Teores médios de fósforo (P) e potássio (K) nas camadas amostradas. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Produção relativa da cultura da soja em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes aplicados no solo.....	40
Figura 3.2	Teores médios de manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes.....	41
Figura 3.3	Teores médios de ferro (Fe) e cobre (Cu) no solo, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes.....	42
Figura 3.4	Teores médios de zinco (Zn) nas folhas, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes.....	44
Figura 4.1	Produtividade relativa do milho submetida a diferentes doses residuais do fertilizante fonte de micronutrientes.....	56
Figura 4.2	Teor médio de zinco (Zn) no solo, em diferentes doses do fertilizante fonte de micronutrientes em residual na cultura do milho.....	57
Figura 4.3	Teores médios de zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe) e cobre (Cu), em diferentes profundidades.....	58
Figura 4.4	Teores médios de manganês (Mn) e ferro (Fe) no solo, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes	59
Figura 4.5	Teor médio de zinco (Zn) nas folhas de milho submetidas a diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes.....	61
Figura 4.6	Teor de boro (B) nas folhas de milho submetidas a diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes.....	63

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	Croqui da área de estudo. Campus da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG. Goiânia, GO.....	69
Apêndice B	Detalhe da instalação da área experimental com a cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.....	70
Apêndice C	Produtividade média de grãos nas diferentes doses do fertilizante para a cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.....	71
Apêndice D	Análise de variância para a concentração de nutrientes em função das diferentes doses de micronutrientes aplicado no solo, para a cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.....	72
Apêndice E	Teores médios, máximos e mínimos dos micronutrientes obtidos na análise do solo na cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.....	73
Apêndice F	Teores médios dos atributos químicos na análise foliar da cultura da soja. Safra2007/2008. Goiânia, GO.....	73
Apêndice G	Detalhe da instalação da cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.....	73
Apêndice H	Produtividade média de grãos nas diferentes doses do fertilizante para a cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.....	74
Apêndice I	Análise de variância para a concentração de nutrientes em função das diferentes doses de micronutrientes aplicado no solo, para a cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.....	75
Apêndice J	Teores médios dos atributos químicos na análise foliar da cultura do milho. Safra2008/2009. Goiânia, GO.....	76

RESUMO GERAL

BARBOSA, J. M. **Eficiência agronômica de um fertilizante fonte de micronutrientes nas culturas da soja e milho.** 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.¹

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência agronômica de diferentes doses de um fertilizante fonte de micronutrientes aplicados via solo na cultura da soja e o efeito residual na cultura do milho em rotação de cultura, por meio de determinação dos atributos químicos relacionados com a produtividade. O estudo foi realizado em condição de campo em um Latossolo Vermelho distrófico na área experimental da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, em Goiânia – Goiás. O experimento foi conduzido nas safras 2007/2008 e 2008/2009 em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Foi utilizado como fonte de micronutrientes fertilizante na forma de pó contendo 6,8% de manganês (Mn), 3,9% de zinco (Zn), 2,1% de ferro (Fe), 1,2% de cobre (Cu) e 1,1% de boro (B), em quatro doses e como referência a testemunha: D 0 – 0 kg ha⁻¹, D 0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D 1 – 66,66 kg ha⁻¹, D 2 – 133,32 kg ha⁻¹ e D 1C - 66,66 kg ha⁻¹ mais 1,4 t ha⁻¹ de óxido de cálcio. A fonte de micronutriente foi aplicada somente na safra 2007/2008 associada ao preparo do solo, na safra de 2008/2009 não houve reaplicação e o sistema de plantio foi direto, sem preparo do solo. As coletas de solo e folha foram realizadas em pleno florescimento das culturas. Conclui-se que as culturas se apresentaram responsivas para o fertilizante em relação a produtividades tanto da soja quanto do milho e que as doses de 128,63 kg ha⁻¹ e 69,08 kg ha⁻¹ do fertilizante se mostraram com a melhor eficiência para a produtividade da soja e para o milho, respectivamente.

Palavras-chave: *Glycine max*, nutrição mineral, *Zea mays*, cerrado.

¹ Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

Co-orientadora: Prof.(a) Dr. (a) Eliana Paula Fernandes. EA-UFG.

GENERAL ABSTRACT

BARBOSA, J. M. **Agronomic efficiency of fertilizer fount of micronutrients in soy and corn cultures.** 2010. 76 f. Dissertation (Master's degree in Agronomy: Crop Science) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.¹

The present work aimed to value the agronomic efficiency of different doses of a fertilizer fount of micronutrients applied through the soil in soy culture and the residual answer in culture rotation with the corn, by the determination of chemical attributes related with the productivity. The study was performed in field's condition in a Distrofic Red Latosoil in the experimental area of the School of Agronomy and Food Engineering, in Goiânia – Goiás. The experiment was performed in the harvests 2007/2008 and 2008/2009 in randomized complete blocks design with five treatments and four repetitions. Fertilizer was used as fountain of micronutrients in the form of powder containing 6,8% of manganese (Mn), 3,9% of zinc (Zn), 2,1% of iron (Fe), 1,2% of copper (Cu) and 1,1% of boron (B), in four doses and as reference the testimony: D 0 – 0 kg ha⁻¹, D 0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D 1 – 66,66 kg ha⁻¹, D 2 – 133,32 kg ha⁻¹ and D 1C - 66,66 kg ha⁻¹ plus 1,4 t ha⁻¹ of calcium oxide. The fount of micronutrient was applied only in the harvest 2007/2008 associated to the soil preparation, in the harvest of 2008/2009 there was no reapplication and the system of planting was direct, without the soil preparation. The geeting of soil and leaf were carried out in the florescence of the cultures. It can be concluded that the cultures appears to be responsive to the fertilizer by considering the productivity of both the soy and the corn and that the fertilizer doses of 128,63 kg ha⁻¹ and 69,08 kg ha⁻¹ showed to have the best efficiency for the productivity of the soy to the corn, respectively.

Key words: *Glycine max*, mineral nutrition, *Zea mays*, cerrado.

¹ Adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

Co-adviser: Prof.(a) Dr. (a) Eliana Paula Fernandes. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado ocorre basicamente no Planalto Central do Brasil e constitui o segundo maior bioma nacional (Ribeiro & Walter, 1998; Klink et al., 2003), ocupando uma área de 2.064.676 km², que corresponde a 24,25% do território nacional, sendo superado apenas pela Floresta Amazônica (Silva et al., 2001), estendendo-se nos estados de Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Ceará, Rondônia e Distrito Federal, além de áreas satélites nos estados de Roraima, Amapá, Pará e São Paulo. Porém, esta formação vegetal aparece também de forma descontínua, desde latitude 4° Norte a 24° Sul e longitude 42° a 65° Oeste (Ferri, 1977).

A cultura da soja (*Glycine max* L. Merr.) é plantada no Brasil em mais de vinte milhões de ha, sendo cultivada em vinte estados e em todas as regiões geográficas do país. O Brasil é o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de grãos de soja, sendo esta uma das principais culturas de exportação do país no momento (Abiove, 2010). Na safra 2008/2009 foram cultivados 21.743,1 milhões de ha, com uma produção de 57.165,5 milhões de toneladas, e a área plantada na safra 2009/2010 apresentou um crescimento de 6,7%, totalizando 23.209,5 milhões de hectares (Conab, 2010).

A região Centro Oeste é a maior produtora de soja do Brasil, concentrando 48,54% da produção, o equivalente a 29,15 milhões de toneladas (Conab, 2009). O cultivo em solos sob vegetação de Cerrado proporcionou o crescimento em área e rendimento da cultura pelo cultivo de variedades adaptadas às condições do Cerrado brasileiro. A região dos Cerrados assume então importância estratégica para o desenvolvimento da cultura no Brasil e sua contribuição para a produção nacional é crescente e determinante para a posição alcançada no cenário internacional (Reetz et al., 2008).

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura plantada em todo território brasileiro. No Brasil, o milho se destaca, entre os grãos, como o produto de maior volume produzido, respondendo pelo segundo maior valor da produção, sendo superado apenas pela soja (Souza & Braga, 2004). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de milho, superado pelos Estados Unidos, China e União Européia (FAEP, 2010). Na safra brasileira 2008/2009 foram cultivados 14.172 milhões de ha, perfazendo uma produtividade de 51.003 milhões de toneladas, a área plantada na safra 2009/2010 apresentou um decréscimo na primeira safra de 2%, mas com estimativa de produção de 51.383 milhões de toneladas (Conab, 2010).

A região do Cerrado destaca-se na produção de grãos, com mais de 50% da produção brasileira de soja e milho (Conab, 2009), o que têm despertado a preocupação quanto ao uso de práticas conservacionistas do solo (Prior et al., 2004; Martins & Rosa Júnior, 2005). Contudo, o solo do Cerrado sobre o qual o estado de Goiás e outros grandes produtores de soja e milho se encontram, tem características peculiares, como o elevado grau de intemperismo que confere a estes solos baixa fertilidade natural. A introdução de culturas comerciais no sistema de produção nestas áreas depende da aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação.

Dentre os principais problemas para a produção de grão de soja e milho, na região de Cerrado, estão a utilização de dosagens subótimas de adubação, especialmente micronutrientes. Normalmente, problemas de solos ácidos e deficiência de Zn são comuns na maioria dos solos. A aplicação de micronutrientes nos solos de Cerrado constitui uma prática indispensável para a obtenção de altos rendimentos em diversas culturas.

Estudos na área de fertilidade do solo e nutrição de plantas podem identificar problemas relativos a características do solo e da planta, bem como fatores interativos que afetam a dinâmica dos micronutrientes no sistema. Isto inclui desde a adição dos

micronutrientes ao sistema, via solo ou via foliar, até a sua assimilação e aproveitamento para crescimento da planta incluindo o resultado final, que são os alimentos e produtos que passam a participar da cadeia alimentar. Para as condições brasileiras, ainda existe uma carência muito grande de informações nesta área, principalmente em relação às necessidades de micronutrientes para as diferentes culturas nas diversas regiões do país.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência agronômica de diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes na cultura da soja, e o seu efeito residual na cultura do milho em rotação de cultura, por meio de determinação dos atributos químicos relacionados com a produtividade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS ECONOMICOS DAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

A soja é a mais importante oleaginosa plantada no mundo, pertencente à família *Fabaceae* (Leguminosae), subfamília *Faboideae*, gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* e a forma cultivada é a *Glycine max* (L.) Merril. O gênero *Glycine* tem várias espécies originárias de regiões como África, Ásia oriental e Austrália (Barroso et al., 2002).

Considerando as grandes culturas produtoras de grãos, a soja foi a que mais cresceu em termos percentuais nos últimos 37 anos, tanto no Brasil quanto em nível mundial. De 1970 a 2007, o crescimento da produção foi da ordem de 763%, de 44 para 236 milhões de toneladas, enquanto as culturas como trigo, arroz, milho, feijão, cevada e girasol apresentaram um crescimento, no máximo, uma terceira parte desse montante (Embrapa, 2008a).

A soja que hoje cultivamos é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na região Leste da Ásia há mais de 1.000 anos. No início do século XX, por volta de 1909 a 1913, a China era responsável por cerca de 71,5% da produção mundial. Em 1930, os Estados Unidos começaram a emergir como o maior produtor e em 1956, como o líder da exportação mundial (Embrapa, 2008 a).

Os maiores produtores de soja do mundo atualmente são os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina (Reetz et al., 2008). Dentre estes países produtores, o Brasil figura como o país que apresenta as melhores condições de expandir a produção e atender o esperado incremento da demanda mundial, dependendo das necessidades de consumo do mercado de farelo e de óleo, mais do que duplicar sua atual produção e, em curto prazo, constituir-se o maior produtor e exportador mundial de soja e seus derivados. A Argentina, ainda poderá aumentar a sua área de produção, os demais produtores, como os EUA, a China e a Índia, estão com suas fronteiras agrícolas quase ou totalmente esgotada. (Embrapa, 2008a).

A soja é a principal oleaginosa cultivada no mundo contribuindo com cerca de 60% do total de 385 milhões de hectares produzidos pelas principais oleaginosas como dendê, girassol, canola, amendoim, algodão e mamona. Seu elevado teor em proteínas (40%) faz dela a principal fonte de matéria-prima na fabricação de rações para alimentação de animais domésticos e, apesar do seu baixo teor de óleo (cerca de 19%), disputa com o dendê a posição de maior produtora de óleo (Embrapa, 2008 a). Com o crescimento gradativo da produção de soja no Brasil, essa cultura torna-se matéria-prima diferenciada para a obtenção do biodiesel, desta forma o País fortalece o comércio interno de biocombustíveis, num ciclo ambiental e socialmente mais justo do que aquele experimentado por outras nações (Reetz et al., 2008).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo. A soja exportada pelo Brasil responde por 22,4% da comercialização internacional dessa leguminosa, sendo esta uma das principais culturas de exportação do país (Abiove, 2010). Na safra 2008/2009 foram cultivados 21.743,1 milhões de hectares, com uma produção de 57.165,5 milhões de toneladas, já para a safra 2009/2010 ocorreu um acréscimo na área plantada em 6,7% totalizando 23.209,5 milhões de hectares com a estimativa de produção de 67.569,7 milhões de toneladas para a safra 2009/2010 (Conab, 2010).

Em 2007, o Brasil comemorou 125 anos de introdução da soja no país, onde ela permaneceu quase esquecida por cerca de 70 anos. A primeira referência de produção

comercial data de 1941. Na década de 70, a produção de soja evoluiu e consolidou como a principal cultura do agronegócio nacional. Esse crescimento se deve, não apenas ao aumento da área cultivada, mas também, ao expressivo incremento de produtividade de mais de 50% (Conab, 2010).

No final dos anos 70, mais de 80% da produção brasileira de soja estava concentrada nos três estados da região sul, embora o Cerrado, na região central do país, sinalizasse que participaria como importante ator no processo produtivo da oleaginosa, o que efetivamente ocorreu a partir da década de 80. A vantagem de se produzir soja na região dos Cerrados é verdadeira quando se observa que apesar de apresentar um pior quadro quanto a fatores controláveis (fertilidade e correção dos solos), apresenta um bom comportamento quanto a fatores não controláveis (precipitação pluviométrica, distribuição e quantidade) (Roessing & Guedes, 1993).

A produção nessa região foi aumentando gradativamente nas décadas seguintes, em especial no estado do Mato Grosso, o principal produtor brasileiro, com 17,96 milhões de toneladas na safra 2008/2009 (Conab, 2010). Em 1990, a produção dos Cerrados já era superior a 40% do total produzido no país e, atualmente a região Centro Oeste é a maior produtora de soja do Brasil, concentrando 48,54% da safra, o equivalente a 29,15 milhões de toneladas (Reetz et al., 2008). A região dos Cerrados assume então importância estratégica para o desenvolvimento da cultura no Brasil e sua contribuição para a produção nacional é crescente e determinante para a posição alcançada no cenário internacional.

O estado de Goiás ocupa o quarto lugar no ranking nacional tendo produzido na safra 2008/2009 o volume de 6.836 milhões de toneladas, com uma área colhida de 2.307 milhões de ha e produtividade de 2.963 kg ha⁻¹ (Conab, 2010). A soja é o produto da maior importância na agricultura goiana, representando 51% do total das lavouras, e tem apresentado excelente desempenho na última década, tendo sua produção mais que triplicado (Reetz et al., 2008; Seplan, 2010). A soja é o segundo produto da pauta de exportações de Goiás. Em 2007, o complexo soja representou 28% das exportações goianas desempenhando importante papel na economia, pois produz matérias primas para as agroindústrias e impulsiona a balança comercial, além de gerar empregos diretos e indiretos (Seplan, 2010).

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados em todo território brasileiro, pertence à família Gramineae / *Poaceae*, gênero *Zea*, espécie *mays* (Paterniani & Cam-

pos, 1999). Tem sido utilizado para vários fins, como alimentação humana, ração animal e mais recentemente para produção de etanol (Pereira, 2007). No Brasil, a área em cultivo para a safra 2008/2009 foi de aproximadamente 14.172 milhões de ha, sendo 9.270 milhões na 1ª safra e 4.901 milhões na 2ª safra ou safrinha; e a produção foi cerca de 51.004 milhões de toneladas colhidas, com 33.655 milhões na 1ª safra e 17.349 milhões na 2ª safra (Conab, 2010).

O Brasil é um grande produtor de milho, aparece em terceiro lugar na produção mundial (Embrapa, 2008b). Do total produzido no Brasil na safra 2008/2009, o Estado do Paraná lidera o ranking, respondendo por cerca de 22% da produção nacional, sendo seguido por Mato Grosso, Minas Gerais e em quarto lugar o Estado de Goiás, com 9,6% da produção brasileira. Dentre as cinco regiões brasileiras, a Centro Oeste se destaca como a segunda maior produtora do grão no país (Conab, 2010).

A participação brasileira no mercado internacional de milho é limitada devido principalmente à instabilidade cambial e à deficiência da estrutura de transporte até aos portos, prejudicando o país na busca de uma presença mais constante no comércio internacional de milho. O abastecimento do mercado mundial de milho é feito basicamente por três países, EUA, Argentina e África do Sul. A principal vantagem destes países é uma logística favorável, que pode ser decorrente da excelente estrutura de transporte (caso dos EUA), proximidade dos portos (caso da Argentina) ou dos compradores (caso da África do Sul). Os principais consumidores são o Japão, Coreia do Sul, México e Egito. Outros importadores relevantes são os países do Sudeste da Ásia e a Comunidade Européia. Um fator importante a destacar é que a China vem gradativamente diminuindo seus estoques, e deverá em uma primeira fase reduzir suas exportações e, em uma segunda fase passando de exportadora à importadora de milho, em um curto período de tempo, abrindo um mercado promissor (Embrapa, 2008b).

Verifica-se um decréscimo na área plantada no período da primeira safra, em decorrência da concorrência com a soja, o milho safrinha se destaca como excelente alternativa de cultivo em sucessão, principalmente quando a intenção é a maximização do lucro do agricultor (Agrianual, 2009). A produção esperada para primeira safra de milho, 2009/2010 está estimada em 32.978,6 mil toneladas, (2,0%) menor do que foi colhido na safra 2008/2009.

Para segunda safra (safrinha), a previsão é de que sejam colhidas 18.404,4 mil toneladas com um crescimento de 6,1% em relação à safra anterior. A safra nacional de milho deve alcançar a produção de 51.383,0 mil toneladas (Conab, 2010). Além disso, observa-se o aumento da importância da safrinha de milho em áreas com sucessão a soja, aumentando o lucro do produtor, pois essa segunda safra aproveita resíduos de adubos incorporados no solo e ainda melhora as questões fitossanitárias.

2.2 SOLOS DO CERRADO

Os solos dos Cerrados apresentam grandes limitações ao cultivo devido a sua baixa fertilidade natural, são ácidos, de baixa capacidade de troca de cátions e retenção de umidade, apresentando deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo. Ricos em ferro, com alta saturação por alumínio e pobres em micronutrientes (Lopes, 1983; Cardoso, 1993). A aplicação de adubos e corretivos visando aumentar o teor de nutrientes e reduzir a toxicidade de Al, Mn e Fe e o uso de cultivares resistentes à toxicidade de Al e mais eficientes na absorção de P, K, Ca, Mg e Zn tem sido alternativas para aumentar a produção (Lopes, 1999).

Os solos desta região apresentam elevado potencial para a agricultura mecanizada intensiva, uma vez corrigida suas deficiências químicas, mostrando, sob vegetação natural, propriedades físicas favoráveis (Cerri et al., 1991). Segundo Cardoso (1993), menos de 2% da área é representada por solos eutróficos. Para que ocorra o uso intensivo destes solos de baixa fertilidade, com cultivos anuais, há a necessidade de construir a fertilidade dos mesmos, pela adição de fertilizantes e corretivos.

Os latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Os solos mais usados com culturas agrícolas têm seu declive plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização (Correia et al., 2004).

Nos argilosos, são verificados problemas sérios de erosão, onde os cuidados são importantes (Correia et al., 2004). Por se tratar de estrutura forte, muito pequena e granular, estes apresentam comportamento semelhante aos solos arenosos. Além disso, quando

intensamente mecanizados, sua estrutura é destruída, levando à redução da porosidade do solo e conseqüentemente à formação de camada compactada (20 - 30 cm), o que dificulta o enraizamento das plantas e a infiltração da água da chuva ou irrigação (Oliveira et al., 1992). Esse fato é agravado quando o solo recebe doses excessivas de calcário, o que pode provocar dispersão da argila que por sua vez irá obstruir os poros do solo (Costa & Abrahão, 1996).

No cultivo da soja e do milho, por serem culturas altamente tecnificadas e com uso excessivo de máquinas e implementos agrícolas, apresentam diversos problemas relacionados às características físicas do solo, tais como: aumento de densidade, aumento da resistência do solo à penetração de raízes e conseqüentemente perdas de solo por erosão. Alguns trabalhos têm demonstrado modificações das características químicas e físicas do solo sob diferentes usos e manejos.

Para as características químicas estão os trabalhos de Muzilli (1983); Centurion & Demattê (1985); Sidiras & Pavan (1985); Centurion (1988); Eltz et al. (1989); Testa et al. (1992); De Maria & Castro (1993); Castro (1995); Bayer & Bertol (1999). No que se refere às propriedades físicas, em diferentes usos e manejos as discussões estão nos trabalhos de Silva et al. (2000); Bertol et al. (2001); Costa et al. (2003); Araújo et al. (2004); Bertol et al. (2004); Simões et al. (2006); Alves et al. (2007); Marchão et al. (2007); Marcolan et al. (2007).

O conhecimento de algumas características e propriedades do solo, como textura, estrutura, cor e porosidade, entre outras, são de grande importância na orientação dos trabalhos de manejo e controle da erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 1985). No estudo das transformações que ocorreram no solo, resultantes do uso e do manejo, é de grande valia a escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade dos solos (Fernandes, 1982). Contudo, deve-se ressaltar que as práticas agrícolas adotadas, químicas e/ou físicas, sempre vêm acompanhadas de alterações do meio ambiente (Resende et al., 1996).

A utilização de micronutrientes nos solos de Cerrado constitui uma prática indispensável para a obtenção de altos rendimentos de diversas culturas. A carência desses nutrientes na maioria dos solos, notadamente o zinco, cultivo de variedades com alto potencial produtivo e conseqüentemente alta demanda por macro e micronutrientes estão entre as principais razões para seu uso (Galvão, 1993)

2.3 ASPECTOS DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

A semeadura direta, sem nenhum preparo ou mobilização do solo, que surgiu como uma simples técnica de manejo com o objetivo básico de controle de erosão hídrica do solo, evoluiu para um sistema complexo e ordenado de produção agrícola, denominado no Brasil, de sistema plantio direto (SPD) (Muzilli, 2000). Segundo Bernardi et al. (2004), o SPD é a forma de manejo conservacionista que envolve um conjunto de técnicas integradas que visam a expressão do potencial genético de produção das culturas com simultânea melhoria das condições do ambiente.

No Brasil, os estudos sobre este sistema de implantação da cultura tiveram início em lavouras de trigo e de soja na região de Londrina, em 1971, por iniciativa do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento e de agricultores paranaenses (Fancelli & Dourado Neto, 2000). A área atualmente cultivada no sistema plantio direto no Brasil é maior que 25 milhões de ha (FEBRAPDP, 2009), ocupando o segundo lugar no mundo, superado apenas pelos EUA.

Fancelli & Dourado Neto (2000) afirmam que a mobilização do solo não é nula, mas restringe-se apenas ao sulco de semeadura, objetivando adequado contato da semente com a terra, o que é realizado por máquinas especializadas. Stone & Silveira (2001) observaram que apesar do menor tráfego que o solo é submetido no sistema plantio direto, o não revolvimento do solo causa um adensamento na camada superficial do solo.

Pela sua própria concepção na fase de implantação, o SPD apresenta um custo maior de produção em curto prazo. A elevação desses custos, comparada ao sistema convencional, é devida principalmente aos investimentos em aquisição de máquinas, condicionamento do solo e à maior utilização de herbicidas. Já em longo prazo, o plantio direto torna-se mais econômico, desde que manejado adequadamente (Fidelis et al., 2003).

O sistema plantio direto constitui-se na implantação de culturas em solos com ausência de revolvimento e protegidos por cobertura morta, ou seja, presença de fitomassa sobre a superfície do solo, proveniente de restos de culturas, coberturas vegetais semeadas para esse fim, e de plantas daninhas controladas por métodos químicos combinados (An-

ghinoni, 2007). A presença de fitomassa sobre a superfície e a rotação de culturas auxiliam na proteção do solo aos processos erosivos, controle de doenças e plantas daninhas (Severino et al., 2006), além de aumentar a disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica no solo (Torres et al., 2005).

Na região de Cerrado, a sustentabilidade do sistema era dificultada pela baixa formação de palhada em virtude dos longos períodos secos. Várias opções foram desenvolvidas com sucesso pelo uso das seguintes combinações: milho na rotação; safrinha de milho; rotação com pastagem e cobertura verde permanente. De fato, não existe uma forma única de manejo que seja adequada às diferentes condições de Cerrado; o modelo a ser adotado deve ser desenvolvido em cada região (Sá et al., 2004).

Alguns estudos mostram que o SPD no Cerrado apresenta alguns desafios. Os produtores dessa região têm apresentado dificuldade na produção e manutenção da fitomassa sobre a superfície do solo, em razão da elevada temperatura e atividade microbiana na decomposição desses resíduos, o que dificulta o incremento de matéria orgânica no solo (Torres et al., 2005).

Na entressafra, compreendida entre os meses de abril a setembro, período seco e de altas temperaturas, tem-se encontrado dificuldades no estabelecimento de plantas de cobertura para formação de palhada, entre elas milheto, sorgo e braquiária ruziziensis (Pacheco et al., 2008). Com o passar do tempo, verificou-se, nas mais variadas condições e regiões do país, que a erosão poderia ser reduzida drasticamente, sendo possível realizar eficientemente a semeadura e a aplicação de fertilizantes em solos cobertos de palha (Anghinoni, 2007).

Para a sua viabilização técnica e econômica, o sistema plantio direto deve ser visto como um sistema de produção que abrange um complexo ordenado de práticas agrícolas inter-relacionadas e interdependentes, que inclui o não-revolvimento do solo, a rotação de culturas, o uso de plantas de coberturas para formar e manter a palhada sobre o solo e, mais recentemente, a integração lavoura-pecuária (Muzzilli, 2000).

2.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS

Os atributos de um solo representam as suas propriedades, ou seus indicadores de qualidade, que podem ser visuais, físicos, químicos e biológicos (Santana & Bahia Filho, 2002). Dentre as características visuais pode-se mencionar mudança de cor do solo, espécies de ervas daninhas, acúmulo de água, enxurrada, poeira entre outros (Larson & Pierce, 1991), enquanto que nas físicas podemos destacar a porosidade, textura, densidade e estrutura do solo. Os aspectos biológicos e bioquímicos também são atributos que merecem ser considerados nos estudos relacionados à fertilidade do solo.

De acordo com os critérios de essencialidade, atualmente os elementos absorvidos em pequenas quantidades pelas plantas são classificados como micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) (Malavolta, 1980). Na medida em que vão se desenvolvendo novas técnicas analíticas, é provável que esta lista aumente, com a inclusão de novos elementos. Os sete micronutrientes têm comportamento químico muito diferente. Dois elementos são não-metais (B e Cl) e os outros cinco são considerados metais pesados (Raij, 1991).

Alguns fatores podem estar relacionados ao aparecimento da deficiência e disponibilidade dos micronutrientes, onde podemos destacar o material de origem do solo; as reações do solo; a textura do solo; aumento da produtividade das culturas com maior remoção dos nutrientes, inclusive os micronutrientes; uso inadequado da calagem, com elevação excessiva do pH do solo e conseqüente redução da disponibilidade de micronutrientes e as características genéticas das plantas (Vitti & Trevisan, 2000; Lopes, 1999).

Uma característica marcante dos micronutrientes, em especial do B é que o limite entre a essencialidade e a toxidez para as plantas é muito estreito. Com isso, um aspecto relevante do manejo da fertilidade do solo diz respeito a definição da quantidade de micronutriente a aplicar (Furtini Neto et al., 2001). A caracterização das deficiências ou excessos de micronutrientes pode ser feita mediante o uso de alguns procedimentos de diagnoses, com destaque para as análises de solo e foliar, além da avaliação visual e histórico da área. O interesse pela análise de micronutrientes em solo tem aumentado a cada ano (Abreu et al., 2007) .

O Mn é um elemento muito similar ao Fe (Raij, 1991; Furtini Neto et al., 2001; Abreu et al., 2007), tanto nos processos geológicos como no comportamento químico, mais

possui maior mobilidade, que pode estar relacionado a sua natureza mais eletropositiva e a maior solubilidade de seus compostos (Rajj, 1991).

Depois do Fe, o Mn é o micronutriente mais abundante no solo. Nos minerais onde ocorrem são compostos ferro-magnesianos como augita, horblenda e biotita (Furtini Neto et al., 2001). Na sua forma natural, o Mn pode-se apresentar em três estados de oxidação: Mn^{2+} , Mn^{3+} e Mn^{4+} (Rajj, 1991; Abreu et al., 2007). O cátion Mn^{2+} é a principal forma em que se encontra na solução e no solo, sendo importante na nutrição de plantas (Tanaka et al., 1993; Furtini Neto et al., 2001).

Devido a variação do material de origem dos solos brasileiros, a solubilidade é afetada pelo pH e pelo potencial redox, em solos ácidos a disponibilidade é alta devido a maior solubilidade dos compostos (Tanaka et al., 1993; Faquim, 2005). Com a correção do solo, a atividade microbiana é aumentada, que por sua vez complexa o Mn, tornando-o menos disponível (Tanaka et al., 1993). Por outro lado, a concentração de Mn^{2+} na solução, de modo semelhante ao Fe, também depende de reações de oxi-redução, influenciadas pelo teor de matéria orgânica, pela atividade microbiana e pela umidade do solo (Furtini Neto et al., 2001).

Diante da predominância da acidez em solos do Cerrado, o que favorece a disponibilidade do Mn, se torna mais frequente a toxidez do que a deficiência do micronutriente na planta. O excesso de calagem ou calagem superficial, usado no sistema plantio direto, podem induzir a deficiência (Faquim, 2005).

O Mn também pode formar complexos com compostos orgânicos solúveis, com aumento de sua solubilidade e transporte no solo. Por isso, em solos com teores suficientes de matéria orgânica (M.O.), a maior parte deste micronutriente ocorre em formas orgânicas (Furtini Neto et al., 2001).

Os sintomas de deficiência de Mn normalmente ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade natural, com a utilização intensiva de técnicas agrícolas, que promovem a retirada crescente de micronutrientes, sem a sua reposição e, em casos onde há aplicação excessiva de calcário, tornando o nutriente pouco solúvel. A utilização intensiva de fosfatos no solo também contribui para a baixa disponibilidade do Mn (Mascarenhas et al., 1996).

Considera-se que o Mn é facilmente absorvido pelas plantas quando na forma solúvel no solo, numa relação direta entre o teor do elemento solúvel no solo e sua concentração na planta. Por outro lado, existe correlação negativa entre a concentração de Mn na planta e o aumento do pH, e a correlação positiva com a matéria orgânica do solo (Dechen & Nachtigall, 2006).

O Zn ocorre principalmente em rochas como sulfetos, a esfalerita é o mais importante (Raij, 1991). Solos formados de rochas ígneas básicas são ricos em Zn, enquanto os solos formados de rochas sedimentares, como o arenito, são mais deficientes deste micronutriente (Abreu et al., 2007). O intemperismo provoca a solubilização em meio ácido dos compostos produzindo o cátion Zn^{2+} para as soluções (Raij, 1991).

Quando se tem altos valores de pH, a solubilidade dos compostos de Zn é diminuída, o que afeta a absorção deste micronutriente (Tanaka et al., 1993). O cálcio (Ca), resultante da aplicação de calagens, pode promover o deslocamento do Zn^{2+} de complexos orgânicos, deixando-o livre na solução, em uma condição que o precipite na forma de $Zn(OH)_2$ (Furtini Neto et al., 2001).

O Zn é o micronutriente que mais promove deficiência nas culturas de solos das regiões tropicais, sendo que é absorvido pelas plantas na forma de Zn^{2+} (Faquim, 2005). Dentre os micronutrientes, se mostra como um metal pesado mais móvel no solo (Abreu et al., 2007).

É um elemento metálico de grande importância e o mais comum na crosta terrestre. Em solos submetidos a intemperismo mais intenso, como os tropicais úmidos, apresentam o Fe nas formas mais estáveis, como os óxidos e os hidróxidos. A geoquímica é complexa e determinada pela facilidade de mudanças das valências (Fe^{2+} e Fe^{3+}), em resposta às alterações das condições físico-químicas do meio (Raij, 1991; Faquim, 2005).

A principal forma de ocorrência do Fe na crosta terrestre é como Fe^{2+} e na forma de Fe^{3+} , como óxidos, silicatos, sulfatos e carbonatos. Dentre os óxidos, o mais frequentemente encontrado em todas as regiões do mundo é a goetita, seguida em condições aeróbias, pela hematita, mineral típico de regiões tropicais. No solo, a presença desses óxidos reveste-se de grande importância, pois praticamente controlam a solubilidade do Fe, que é muito influenciada pelo pH e pelo potencial de oxirredução do solo (Abreu et al., 2007).

O Fe sofre o processo de oxiredução, que é condicionada pela pressão parcial de O₂, influenciando a disponibilidade na solução do solo. Em condições inundadas ocorre a redução do Fe³⁺ para o Fe²⁺, resultando num aumento de solubilidade deste micronutriente, podendo causar toxidez às plantas (Tanaka et al., 1993; Furtini Neto et al., 2001).

A redução é promovida por bactérias anaeróbicas, que na ausência de O₂, podem usar o Fe como aceptor de elétron no seu metabolismo. Em condições de anaerobiose mais prolongada, em solos com alto teor do nutriente e de matéria orgânica pode gerar, como resultado, grande quantidade de Fe²⁺ em solução (Furtini Neto et al., 2001).

A ocorrência do Cu em rocha se dá principalmente na forma de sulfetos complexos, o que se deve ao forte caráter covalente das ligações do metal com outros elementos. Nos solos, este elemento reage facilmente com compostos minerais e orgânicos tornando-se pouco móvel (Raij, 1991).

A forma predominante do Cu na solução do solo é o íon Cu²⁺ e sua solubilidade é muito dependente de pH. Nota-se que para o aumento de uma unidade de pH pode diminuir em até 100 vezes sua disponibilidade (Furtini Neto et al., 2001).

Dentre todos os micronutrientes, o Cu é mais fortemente retido por radicais orgânicos, possui adsorção específica de alta estabilidade, que confere solubilidade a muitos complexos formados. Devido a essa forte interação, a proporção na solução do solo complexados pelos compostos orgânicos solúveis chega a atingir mais de 98% (Furtini Neto et al., 2001). Essa forma tem papel relevante na regularização de sua mobilidade e disponibilidade na solução do solo.

Além da formação de complexos solúveis, altamente desejável, através da adsorção de Cu por colóides orgânicos, tem-se também a adsorção do micronutriente catiônico pelos ácidos húmicos, que são insolúveis, sendo algumas vezes até de forma irreversível. O Cu é dentre os micronutrientes catiônicos o mais fortemente adsorvido, sendo considerado como não trocável (Furtini Neto et al., 2001).

Solos orgânicos tendem a apresentar baixa disponibilidade de Cu (Lopes, 1989; Neto et al., 2001). Outro fator que afeta a disponibilidade é a variação da acidez do solo,

que quando corrigida ocasiona maior expressão da CTC dependente de pH, adsorvendo mais Cu e diminuindo sua disponibilidade (Tanaka et al., 1993).

Analisando os critérios de interpretação proposto por vários autores, observa-se que as faixas de suficiência têm intervalos muito amplos, o que pode gerar dúvida na tomada de decisão do manejo a partir da interpretação da análise. Nota-se também que a enorme extensão territorial e a diversidade de biomas em que a soja é cultivada atualmente, tornam necessárias a confirmação e/ou redefinição dos valores de referência (Resende, 2008). Os teores adequados de Cu, adotados inicialmente para as folhas eram de 6 mg kg^{-1} a 30 mg kg^{-1} , mostraram-se muitos elevados para as condições brasileiras. Assim a faixa de suficiência nas folhas para o Brasil central foi modificada para 6 mg kg^{-1} a 14 mg kg^{-1} (Embrapa, 2006).

A aplicação de micronutrientes deve ser feita no intuito de corrigir paulatinamente o solo. O teor dos micronutrientes deve ter acréscimo até que não se observe mais sintoma de deficiência. A recomendação de micronutrientes para as culturas da soja e do milho aplicados a lanço, é de pelo menos $6,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn, $6,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mn, $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cu, $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de B, $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo. Para aplicação no sulco de plantio, utilizar 1/4 das doses recomendadas a lanço por um período de quatro anos sucessivos. Em solos com nível alto, encontrados na análise de solo, não fazer nenhuma aplicação (Galvão, 2004). No caso do Mo e Co, recomenda-se, ainda, o tratamento das sementes com doses de 12 g ha^{-1} a 25 g ha^{-1} de Mo e 1 g ha^{-1} a 5 g ha^{-1} de Co, com produtos de alta solubilidade (Lopes, 1999).

De modo geral, as fontes de micronutrientes são agrupadas em fontes inorgânicas, quelatos sintéticos, complexos orgânicos e fritas (FTE), obtidas da fusão de silicatos com os micronutrientes.

As fontes inorgânicas incluem os sais metálicos com sulfatos, cloretos e nitratos, que são solúveis em água; os óxidos, carbonatos e fosfatos, que são insolúveis em água. Dentre as fontes inorgânicas, temos: bórax, sulfato de zinco, sulfato de cobre, sulfato manganoso, entre outros. A solubilidade em água é um fator determinante da eficiência agrônômica no curto prazo. Fontes insolúveis em água, quando utilizadas na forma granulada, tem sua eficiência bastante reduzida (Galvão, 2004).

Os quelatos sintéticos são formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal por meio de ligações coordenadas. Os quelatos são geralmente bastante solúveis, que diferentemente dos sais simples, dissociam-se muito pouco na solução. Os principais agentes quelatizantes utilizados na fabricação de fontes de micronutrientes são: EDTA, HEDTA, DTPA, EDDHA, NTA. A eficiência relativa para as culturas, dos quelatos aplicados ao solo, pode ser de duas a cinco vezes maior por unidade de micronutriente do que as fontes inorgânicas (Lopes, 1999).

As fritas (oxi-silicatos) são produtos vítreos cuja solubilidade é controlada pelo tamanho das partículas e por variação na composição da matriz. São usadas de preferência finamente moídas. São adequadas para aplicação no solo, onde se dissolvem mais ou menos lentamente. Existem disponíveis no mercado as mais variadas combinações de composição de micronutrientes. São muito utilizadas juntamente com formulações NPK (Galvão, 2004). Dentre os vários métodos de aplicação destacam-se a aplicação via solo, incluindo a adubação fluida e a fertirrigação, a adubação foliar, o tratamento de sementes e o tratamento de mudas.

2.5 REFERÊNCIAS

ABIOVE- Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Complexo soja – exportações**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/exporta_br.html>. Acesso em: 08 jan. 2010.

ABREU, C. A. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap. XI, p. 645-736.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.) **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: 2007. p. 873-928.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP. p. 385-406, 2009.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 617-625, 2007.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetado por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARAES, E. F.; COSTA, C. G. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 2002. v. 1, 309 p.

BERNARDI, A. C. C.; CARVALHO, M. C. S.; FREITAS, P. L.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; SILVA, T. M. **No sistema plantio direto é possível antecipar a adubação do algodoeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 7 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 24).

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocere. 1985. 392 p.

CARDOSO, A. N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. cap. II, p. 71-104.

CASTRO, O. M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 174 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 263-266, 1985.

CENTURION, J. F. **Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura do milho implantada**. 1988. 125 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho- Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers Orstom**, Série Pedológica, Bondy, v. 26, n. 1, p. 37-50, 1991.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio/2009**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 01 maio 2009.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março/2010**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_09.03.10.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2010.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. cap. 1, p. 29-61.

COSTA, L. M.; ABRAHÃO, W. A. P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (ed.). **Os solos nos grandes domínios mofoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS: UFV, 1996. p. 429-443.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, 2006. p. 327-354.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n. 4, p. 471-477, 1993.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA . **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil – 2006**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2008**. Londrina, Embrapa – Soja. 2008. 282 p. Disponível em: <<http://www.embrapa.org.br>>. Acesso em: 19 nov. 2009 a.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O cultivo do milho**. Embrapa-CNPMS, Sistemas de produção, 2. 4. ed. 2008. Disponível em: <<http://www.Cnpms.embrapa.br/publicações/milho/index.htm>>. Acesso em: 23 fev. 2010 b.

ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

FAEP. Federação da Agricultura do Estado do Paraná. **Assessoria de comunicação social, março/2010**. Disponível em: <<http://www2.faep.com.br/noticias>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 108-116.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FEBRAPDP – FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Desenvolvimento do plantio direto**. Local: FEBRAPDP, 2009. Disponível em: <<http://www.febbrapdp.org.br/>>. Acesso em: 03 out. 2009.

FERNANDES, A. G. Vegetação do Piauí. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p. 313-318.

FERRI, M. G. Ecologia dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Itatiaia, 1977. p. 15-36.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V. de; COIMBRA, R. R.; MELO, A. V. de.; GALVÃO, J. C. C. Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* em estresse de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 27-34, 2003.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261 p.

KLINK, C. A. S.; MIRANDA, M. I.; GONZÁLES, VICENTINE, K. R. F. 2003. **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br>> Acesso em: 15 ago. 2008.

GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco em Latossolo vermelho-amarelo argiloso sob cerrado para a soja. **Revista brasileira Ciências do Solo**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 83-87, 1993.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 185-226.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. **Conservation and enhancement of soil quality**. In: INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT (Bangkok, Thailand) Evaluation for sustainable land management in the developing world. Bangkok, 1991. v. 2 (IBSRAM – Proceedings, 12).

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. 162 p.

LOPES, A. S. (Trad. e adapt.). **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 155 p.

LOPES, A. S. Micronutrientes – filosofia de aplicação e fontes. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: 1999. cap. 11, p. 79-86.

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

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; JUNIOR, J. D. G. S.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura–pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T. I.; LEITE, J. G. D. B. Recuperação de atributos físicos de um argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 571-579, 2007.

MARTINS, R. M. G.; ROSA JÚNIOR, E. J. Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos do solo no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 225-232, 2005.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B.; CARMELLO, Q. A. C. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 164-171, 1996.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

MUZILLI, O. A. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p. 1-16.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCOPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, p. 429-485, 1999.

PEREIRA, F. H. **Influência do despendoamento e da desfolha na produção e qualidade de sementes de milho**. 2007. 38 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2007.

PRIOR, S. A.; TORBERT, H. A.; RUNION, G. B.; ROGERS, H. Elevated atmospheric CO₂ in Agroecosystems: residue decomposition in the field. **Environmental Management**, New York, v. 33, n. 3, p. 344-354, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

REETZ, E. R.; SANTOS, C.; CORRÊIA, S.; SILVEIRA, D.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da soja 2008**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2008. 136 p.

RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do Cerrado. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. P. F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 930 p.

RESENDE, A. V. Diagnose foliar em soja. In: PPRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. (Ed.). **Nutrição de plantas diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, 2008. p. 221-240.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 87-166.

ROESSING, A. C.; GUEDES, L. C. A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil Central. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura da Soja nos Cerrados**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 1-69.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E.; BUCKNER, J.; FORNARI, A.; SÁ, M. F. M.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; VENZKE FILHO, S. P. O plantio direto como base no sistema de produção. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 80, p. 45-61, 2004.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Qualidade do solo: uma visão holística. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 15-18, 2002.

SEPLAN. **Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento/ Governo de Goiás**. Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação - 2010. Disponível em: <www.seplan.go.gov.br>. Acesso em: 10 fev. 2010.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II – Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.

SIDIRAS, N., PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 795-801, 2000.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do Cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 179 p.

SIMÕES, W. L.; SILVA, E. L.; LIMA, D. M.; OLIVEIRA, M. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1061-1068, 2006.

SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologia de produção do milho**. Viçosa: Editora UFV, 2004. p. 13-53.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 105-135.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 107-114, 1992.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: POTAFÓS, 2000. 16 p. (Encarte Técnico, 90).

3 EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UM FERTILIZANTE FONTE DE MICRONUTRIENTES APLICADO NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de um fertilizante fonte de micronutrientes aplicados via solo na cultura da soja. O ensaio foi realizado em condição de campo, em um Latossolo Vermelho na área experimental da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), em Goiânia – Goiás. O experimento foi conduzido na safra 2007/2008 em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Foi utilizado como fonte de micronutrientes um fertilizante na forma de pó contendo 6,8 % de manganês (Mn), 3,9% de zinco (Zn), 2,1% de ferro (Fe), 1,2% de cobre (Cu) e 1,1% de boro (B), em diferentes doses: D 0 – 0 kg ha⁻¹, D 0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D 1 – 66,66 kg ha⁻¹, D 2 – 133,32 kg ha⁻¹ e D 1C - 66,66 kg ha⁻¹ mais 1,4 t ha⁻¹ de óxido de cálcio. Os teores de Mn, Zn e Fe se elevaram no solo para todos os tratamentos. Não houve resposta nos teores foliares com a aplicação do fertilizante fonte de micronutriente, verificando que os níveis de Zn e Mn enquadraram-se como adequados. As maiores produtividades de soja foram obtidas quando aplicou 128,63 kg ha⁻¹ do fertilizante. Nesta dose foram aplicados 8,75 kg ha⁻¹ de Mn, 5,02 kg ha⁻¹ de Zn, 2,70 kg ha⁻¹ de Fe, 1,54 kg ha⁻¹ de Cu e 1,41 kg ha⁻¹ de B.

Palavras-chave: *Glycine max*, produtividade de grãos, análise foliar, análise de solo.

ABSTRACT

AGRONOMIC EFFICIENCY OF FERTILIZER FOUNT OF MICRONUTRIENTS IN SOY AND CORN CULTURES

The aim of the work was to value the agronomic efficiency of fertilizer fount of micronutrients applied through the soil in soy culture. The study was performed in field's condition in a Distrofic Red Latosoil in the experimental area of the School of Agronomy and Food Engineering of the Federal University of Goiás (EA/UFG) in Goiânia – Goiás. The experiment was performed in the harvest 2007/2008 in randomized complete blocks design with five treatments and four repetitions. Fertilizer was used as fountain of micronutrients in the form of powder containing 6,8% of manganese (Mn), 3,9% of zinc (Zn), 2,1% of iron (Fe), 1,2% of copper (Cu) and 1,1% of boron (B), in four doses and as reference the testimony: D 0 – 0 kg ha⁻¹, D 0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D 1 – 66,66 kg ha⁻¹, D 2 – 133,32 kg ha⁻¹ and D 1C - 66,66 kg ha⁻¹ plus 1,4 t ha⁻¹ of calcium oxide. The levels of Mn, Zn and Fe increased in the soil for all the treatments. There was no answer in the leaves levels with the application of fertilizer fount of micronutrients what implies that the levels

of Zn and Mn are considered adequate. The biggest productivities were obtained when it applied 128,63 kg ha⁻¹ of fertilizer as reference the testimony. In this dose 8,75 kg ha⁻¹ of Mn, 5,02 kg ha⁻¹ of Zn, 2,70 kg ha⁻¹ of Fe, 1,54 kg ha⁻¹ of Cu and 1,41 kg ha⁻¹ of B were applied.

Key words: *Glycine max*, grain yield, leaves analysis, soil analysis.

3.1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira atingiu uma fase em que produtividade, eficiência, lucratividade e sustentabilidade dos processos produtivos são aspectos de grande importância. Nesse contexto, os micronutrientes, cuja importância é conhecida há décadas, apenas mais recentemente passaram a ser utilizados de modo mais rotineiro nas adubações em várias regiões e para as mais diversas condições de solo, clima e culturas no Brasil (Lopes, 1999; Abreu et al., 2007).

A região do Cerrado vem sendo destaque na produção de grãos, com mais de 50% da produção brasileira de soja e milho do Brasil (Conab, 2009). A soja é a mais importante oleaginosa plantada no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor desta cultura. Na safra 2008/2009 foram colhidos mais de 57 milhões de toneladas (Conab, 2010). Atualmente, a região Centro Oeste é a maior produtora de soja do Brasil, com 48,54% da produção (Reetz et al., 2008). O estado de Goiás ocupa o quarto posto no ranking nacional em produtividade do país com um volume de 6,836 milhões de toneladas na safra 2008/2009 (Conab, 2010).

Os solos de Cerrado sobre o qual o estado de Goiás e outros grandes produtores de grãos se encontram tem características peculiares. O elevado grau de intemperismo desta região conferiu a estes solos baixa fertilidade natural. Tais solos apresentam vários problemas nutricionais advindos da acidez e da deficiência de elementos com P, K, Ca, Mg, S e toxidez de Al, Mn, e Fe (Lopes, 1984).

O grande potencial de produtividade e adaptabilidade da cultura da soja em relação a outros cereais justifica sua grande importância no cenário agrícola brasileiro. Mas para que se possa obter uma máxima eficiência econômica na produção de grãos, é de

fundamental importância que se realize uma adubação adequada a tal fim, visando atender da melhor forma possível às necessidades nutricionais dessa cultura.

A situação agrícola atual conduz para um agravamento geral das deficiências de micronutrientes, tornando-se uma obrigatoriedade as análises de planta e solo, visando posteriores reposições dos elementos que estarão em falta para o processo produtivo (Lana et al., 2007).

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento das plantas e se caracterizam por serem absorvidos em pequenas quantidades. Isso se deve ao fato de eles não participarem de estruturas da planta, mas da constituição de enzimas ou então atuar como seus ativadores (Dechen & Nachtigall, 2006)

Dentre os micronutrientes, o Mn apresenta papel de destaque na cultura da soja, sendo esta altamente sensível a sua deficiência (Malavolta, 2006). O nível adequado de Mn na cultura da soja em pleno florescimento é de 20 mg kg⁻¹ a 100 mg kg⁻¹ na massa seca de folhas maduras (Malavolta et al., 1989; Oliveira, 2004).

O Mn é absorvido predominantemente como Mn²⁺, tendo o magnésio como seu competidor. A correção da acidez do solo provoca maior atividade microbiana que complexa o Mn, tornando-o menos disponível o que reduz a absorção de Mn por diminuir a sua solubilidade na solução do solo. A sua mobilidade na planta é considerada intermediária (Tanaka et al., 1993).

Os sintomas de deficiência de Mn normalmente ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade natural, com a utilização intensiva de técnicas agrícolas, que promovem a retirada crescente de micronutrientes, sem a sua reposição e, em casos onde há aplicação excessiva de calcário, tornando o nutriente pouco solúvel. A utilização intensiva de fosfatos no solo também contribui para a baixa disponibilidade do Mn (Mascarenhas et al., 1996).

Quando se tem altos valores de pH, a solubilidade dos compostos de Zn é diminuída, o que afeta a absorção deste micronutriente (Tanaka et al., 1993). O Ca, resultante da aplicação de calagens, pode promover o deslocamento do Zn²⁺ de complexos orgânicos, deixando-o livre na solução, em uma condição que o precipite na forma de Zn(OH)₂ (Furtini Neto et al., 2001).

O Zn é o micronutriente que mais promove deficiência nas culturas de solos das regiões tropicais, sendo que é absorvido pelas plantas na forma de Zn^{2+} (Faquim, 2005). A interação entre Zn e P na planta tem sido bastante estudada, sendo verificada que altos teores de P induzem a deficiência de Zn (Dechen & Nachtigall, 2006).

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência agrônômica de diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes aplicados via solo na cultura da soja, caracterizando seus atributos químicos com a produtividade.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área experimental

O ensaio foi conduzido em condição de campo em Goiânia, na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia – latitude 16° 35' 59" S, longitude 49° 16' 56" W e altitude 704,35 m, de novembro de 2007 a abril de 2008, em um Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 1999), apresentando na camada 0-20 cm 39% de argila, 14% silte e 47% de areia e com teores médios de zinco (Zn) e cobre (Cu) (Tabela 3.1).

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições (Apêndice A). No ano de instalação do experimento, a área foi inicialmente preparada com grade aradora, seguido de uma gradagem com grade destorroadora. Posteriormente o solo foi sulcado no espaçamento de 0,45 m, para posterior estaqueamento e distribuição manual do fertilizante com micronutrientes (Apêndice B). A área total do experimento consistiu em 900 m², e cada unidade experimental foi constituída por sete metros de largura por cinco metros de comprimento e espaçada um metro uma da outra.

Tabela 3.1. Atributos químicos do solo na camada de 0 – 20 cm antes da instalação do experimento da soja (junho de 2007). Goiânia, GO.

M.O.	V	pH	P(Mel)	K	Ca	Mg	TC	Cu	Fe	Mn	Zn	Al	H + Al
-----%-----	CaCl ₂	-----mg dm ⁻³ ---	-----cmolc dm ³ -----	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----mg dm ⁻³ ---	-----cmolc dm ³ ---	-----cmolc dm ³ ---
2,3	55,8	5,3	8,3	205	3,2	0,7	7,9	0,8	12	19,4	1,6	0,0	3,44

Durante o processo de seleção dessa unidade experimental, procurou-se uma área na região que os seus teores de micronutrientes fossem baixos. Foram realizadas amostragens de solo em diferentes locais antes da definição e instalação.

3.2.2 Tratamentos

O fertilizante fonte de micronutrientes foi fornecido pela empresa Stefani S/A localizada em Senador Canedo, GO. O produto foi obtido pela transformação de minério de manganês em monóxido de manganês e posteriormente, após ataque com ácido sulfúrico a fabricação de sulfatos de manganês e soluções de manganês. A fonte inorgânica foi misturada com outros sais metálicos com sulfatos e óxidos (oxisulfatos). O produto testado tem em sua composição de 6,8% de manganês (Mn), 3,9% de zinco (Zn), 2,1% de ferro (Fe), 1,2% de cobre (Cu) e 1,1% de boro (B).

Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes doses do fertilizante contendo os micronutrientes: D 0 – 0 kg ha⁻¹, D 0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D 1 – 66,66 kg ha⁻¹, D 2 – 133,32 kg ha⁻¹ e D 1C - 66,66 kg ha⁻¹ mais 1,4 t ha⁻¹ de óxido de cálcio. Em cada parcela foram realizadas amostragens de solo e de folhas dispostas em posições aleatórias em cada área. As variáveis analisadas foram a produtividade e teores químicos do solo e folha.

Foi realizado a abertura do sulco no espaçamento de 0,45 m e feita a distribuição manual do fertilizante com os micronutrientes, em seguida foram fechados os sulcos. O plantio foi realizado com semeadora-adubadora, em sete linhas de 0,45 m entre linhas, com população de plantas 330.000 plantas ha⁻¹, mantendo as linhas em que foram distribuído o fertilizante, com as sementes da soja, cultivar ENG 313, previamente tratada com fungicida Maxim XL 1 ml kg⁻¹ semente e inoculante Adhere 60 na dose de 6 g kg⁻¹ sementes, com concentração de 5 10⁹ rizóbios g⁻¹. A adubação utilizada NPK foi uma mistura simples de 450 kg ha⁻¹ de super simples (1% N, 18% P₂O₅) e 120 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% K₂O), cujas doses foram determinadas de acordo com as recomendações de Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Goiás (1988).

3.2.3 Variáveis analisadas

Na amostragem de solo para análise química foram coletadas catorze amostras simples por parcela de forma aleatória, que após mistura homogênea formou a amostra

composta. Para cada parcela foi realizada o mesmo procedimento, sendo que para cada seis amostras simples nas entrelinhas foi realizada uma na linha de plantio.

Foram coletadas amostras na profundidade de 0-20 cm, usando um trado holandês. As amostras foram realizadas apenas nesta profundidade em função da implantação do experimento e aplicação do micronutriente nesta safra. As coletas foram realizadas durante o período de florescimento da cultura. O solo amostrado foi analisado no laboratório de análises de solos e folhas (LASF-EA/UFG) seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (1999).

As amostras de solo encaminhadas ao LASF-EA/UFG foram secas ao ar em sombra e peneiradas, com a fração menor que 2 mm sendo posteriormente submetida às análises de laboratório. A análise granulométrica (textural) foi realizada pelo método do densímetro, baseado na sedimentação das partículas constituintes do solo (Embrapa, 1999).

As análises químicas envolveram as seguintes determinações: pH em CaCl_2 0,01 M; micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), P e K disponíveis, adotando-se o método de extração pela solução duplo ácida (extrator Mehlich 1); Ca e Mg disponíveis e teor de Al, extraídos com KCl 1 M; H + Al (acidez potencial), determinada pela leitura do pH SMP e teor de matéria orgânica do solo, com uso de solução de dicromato de potássio em meio sulfúrico (Embrapa, 1999).

3.2.4 Análises foliares

Para a avaliação dos teores foliares foram coletadas trinta amostras de folhas por parcela, durante o florescimento pleno, do 3º trifólio a partir do ápice, conforme recomendação de Malavolta et al. (1997). Estas amostras foram colocadas em sacos de papel e transportados ao laboratório (LASF-EA/UFG).

Na sala de preparo, o material foi lavado com água destilada, colocadas em sacos de papel para o processo de secagem em estufa com ventilação forçada a 60 °C. Após atingir o peso seco constante, as folhas foram moídas, sendo então submetidas às análises químicas. Foram feitas as determinações dos teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

3.2.5 Produtividade

A colheita da soja foi realizada após a maturação fisiológica, no centro de cada parcela, tomando cinco linhas de três metros de plantio, colhendo todas as plantas da área marcada. A área para determinação da produtividade foi de 7,5 m² de área útil por parcela.

As amostras coletadas foram identificadas e ensacadas e posteriormente foram trilhadas. Após a pesagem foi feita a correção da umidade para 13% e extrapolado o cálculo para a produtividade em ha.

3.2.6 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Posteriormente foram efetuados ajustes de regressão polinomial entre doses de micronutrientes e variáveis analisadas. Para as análises estatísticas utilizou-se o *software* estatístico Statistical Analysis System – SAS (2003), versão 9.1.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de grãos de soja apresentou efeitos significativos para diferentes doses do fertilizante fonte de micronutrientes (Apêndice C). A dose de 133,32 kg ha⁻¹ proporcionou incrementos de 79,72% na produtividade da soja em relação ao tratamento sem aplicação de fertilizante com micronutrientes (1.869,40 kg ha⁻¹). Segundo Conab (2010), a média de produtividade do Estado de Goiás na safra 2008/2009 foi de 2.963 kg ha⁻¹, as produtividades obtidas foram acima da média, indicando boa resposta da cultivar empregada no ensaio.

O ajuste polinomial de segundo grau entre as produtividades médias relativas da produção de soja em função das doses utilizadas (Figura 3.1) indicou que a dose de máxima produção obtida foi de 128,63 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes aplicados no solo.

Para a dose de 128,63 kg ha⁻¹ do fertilizante fonte de micronutrientes, obtém-se uma produtividade relativa de 186,27%. Nesta dose foram aplicados 8,75 kg ha⁻¹ de Mn, 5,02 kg ha⁻¹ de Zn, 2,70 kg ha⁻¹ de Fe, 1,54 kg ha⁻¹ de Cu e 1,41 kg ha⁻¹ de B. Com relação à recomendação proposta por Galvão (2002), a quantidade aplicada foi três vezes superior ao recomendado para obtenção da maior produtividade. Verifica-se que a aplicação do óxido de cálcio não prejudicou a produtividade relativa da soja (138,56%).

As maiores respostas e doses maiores do fertilizante justifica-se pois quando se trabalha com tetos de produtividade mais elevados, acima de 3.000 kg ha⁻¹, o equilíbrio nutricional de macro e micronutrientes passa a ser um importante condicionador de ganhos adicionais de produção da soja.

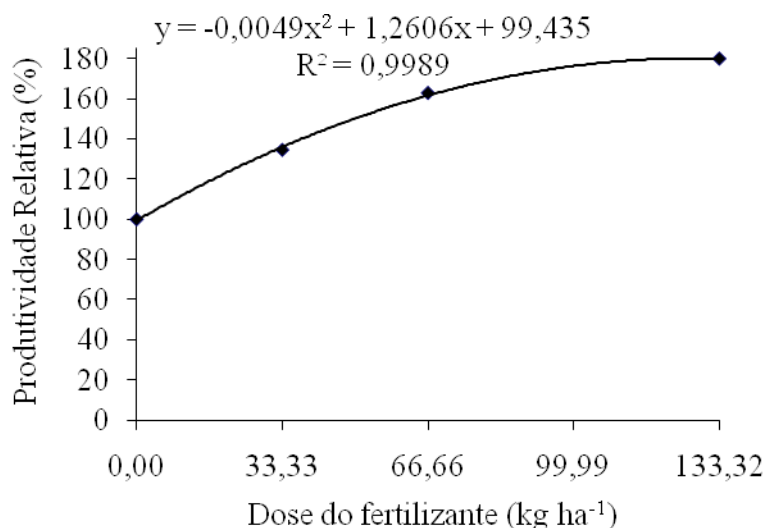


Figura 3.1. Produção relativa da cultura da soja em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes aplicados no solo. A produtividade relativa na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 138,56%. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.

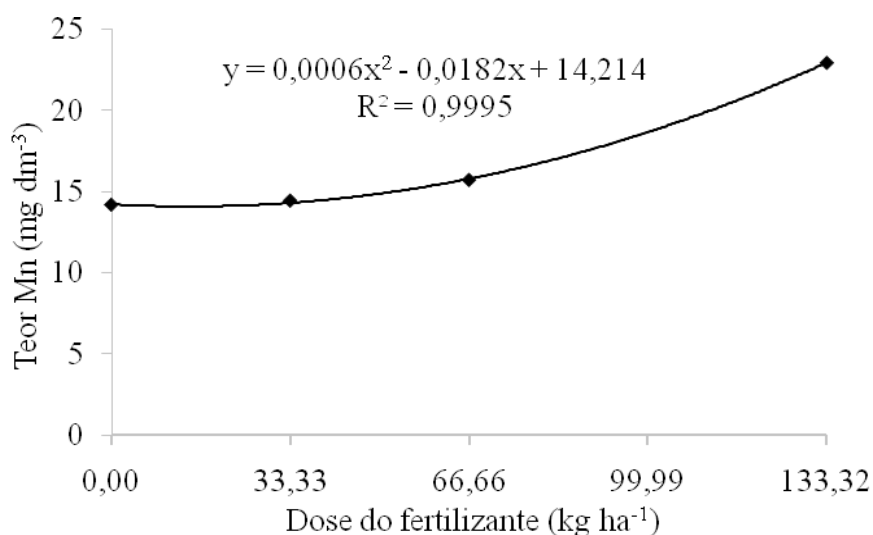
O monitoramento da fertilidade do solo e a avaliação freqüente do estado nutricional das áreas produtoras por meio de análise foliar são imprescindíveis para a determinação da necessidade de se corrigir desequilíbrios nutricionais ou da possibilidade de otimização do manejo da adubação ao longo do tempo (Resende, 2008).

Quanto aos resultados da análise de solo, os valores das médias e da análise de variância encontram-se no Apêndice D. Houve ajuste num polinômio do segundo grau nos

níveis de Mn e Zn em função das doses (Figura 3.2). Foi possível detectar a partir do teor médio, uma tendência de incremento de Mn e Zn a partir de 15,16 kg ha⁻¹ para o Mn e 13,2 kg ha⁻¹ para o Zn.

De acordo com os critérios de interpretação para o cerrado proposto por Galvão (2004), Zn e Mn encontra-se com níveis altos no solo, mesmo quando observados os valores mínimos obtidos (Apêndice E). Para a cultura da soja, Galvão (1993) verificou que a dose de 1 kg ha⁻¹ de Zn aplicada no primeiro cultivo em um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, foi suficiente para aumentar o rendimento de grãos e os teores de Zn no solo e nas folhas no terceiro cultivo da cultura. Este autor observou que os níveis críticos de Zn no solo após o cultivo da soja foram 0,8 mg kg⁻¹ (Mehlich 1).

Os nutrientes Fe e Cu não apresentam interações significativas para os diferentes tratamentos no presente estudo (doses). Entretanto, analisando as médias obtidas para estes elementos (1,06 mg dm⁻³ de Cu e 23,35 mg dm⁻³ de Fe), pode se destacar que ambos apresentam altos teores segundo a classe de interpretação proposta por Souza & Lobato (2004). De acordo com Lopes & Abreu (2000), o nível crítico para o Cu é (1,0 mg dm⁻³) e que 70% dos solos virgens do Cerrado apresenta-se abaixo do nível crítico.



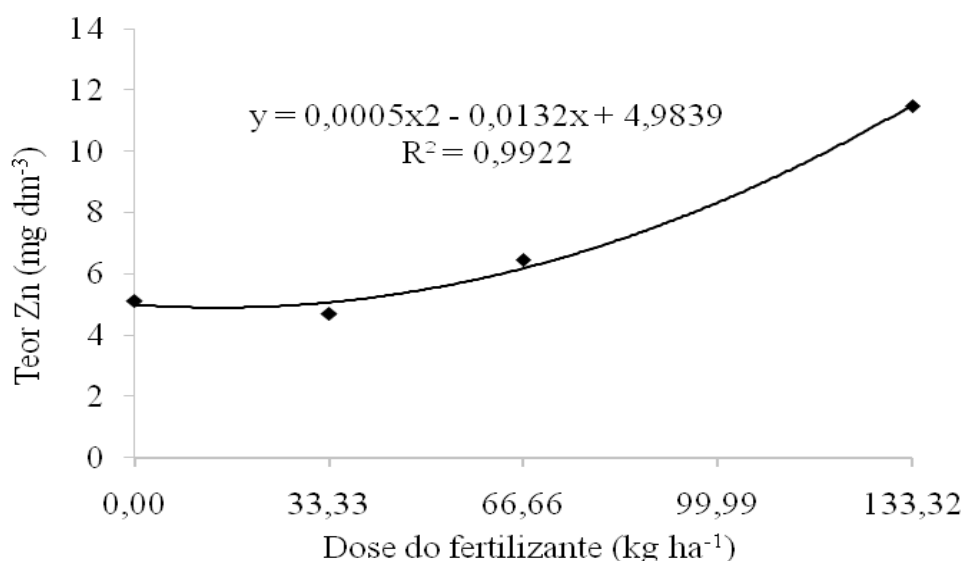


Figura 3.2. Teores médios de manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes. Os teores médios de Mn e Zn na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 15,68 mg dm⁻³ para o Mn e de 5,70 mg dm⁻³ para o Zn. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.

Observa-se um incremento de 233,75% nos teores de Cu no solo com a aplicação progressiva das doses (Figura 3.3). Comparando-se a Figura 3.3 com os teores de Cu obtidos com a aplicação de óxido de cálcio pode-se observar que este não influenciou na quantidade média de Cu. Lopes (1999) relata que o manejo inadequado da calagem, com elevação excessiva do pH, ocorre problemas associados à deficiência de Cu. Porém os resultados deste trabalho não corroboram com essa informação, de reduzir a disponibilidade do Cu.

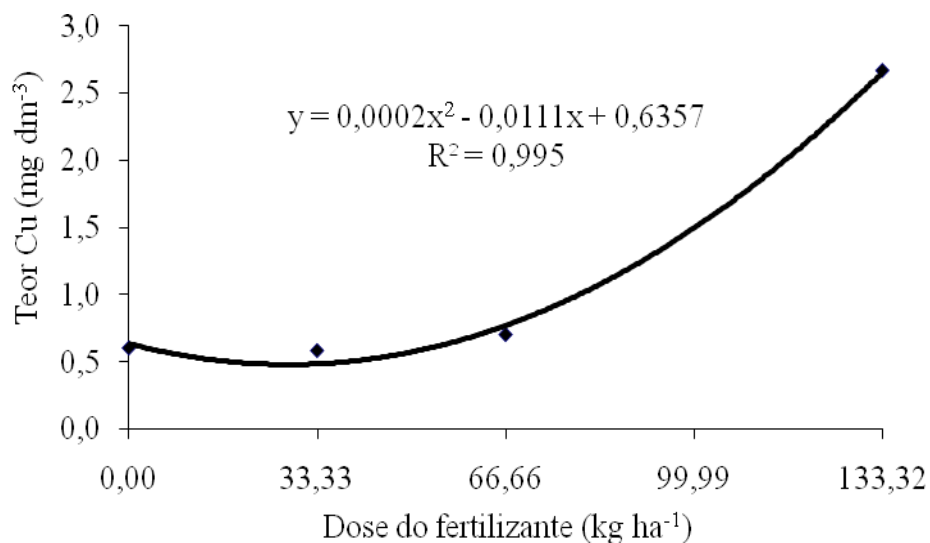
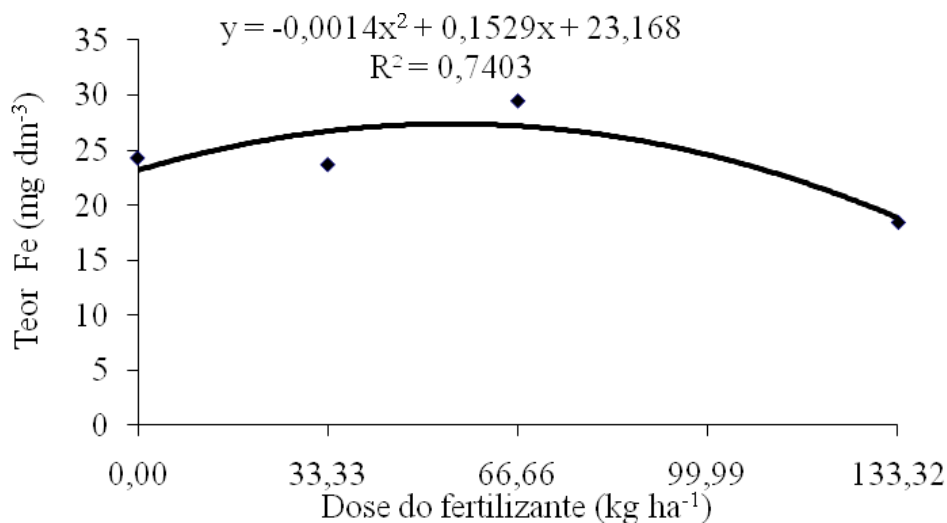


Figura 3.3. Teores médios de ferro (Fe) e cobre (Cu) no solo, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes. Os teores médios de Fe e Cu na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 20,85 mg dm⁻³ para o Fe e de 0,75 mg dm⁻³ para o Cu. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.

A curva de tendência sugere a dose de 27,75 kg ha⁻¹ de fertilizante como dosagem inicial para o acúmulo do nutriente no solo, nesta dose foi fornecido 0,33 kg ha⁻¹ de Cu, no qual estaria abaixo do recomendado por Sousa & Lobato (2004). Observa-se que a maior produtividade foi obtida quando se aplicou 1,54 kg ha⁻¹ de Cu no solo, elevando

também o teor deste elemento no solo. Para o Fe a curva sugere uma dose a partir de 54,60 kg ha⁻¹ do fertilizante contendo micronutrientes. Esta dose fornece 1,15 kg ha⁻¹ de Fe.

Comparando os atributos químicos do Apêndice D com as classes de interpretação das variáveis químicas dos solos, para as culturas anuais propostas por Souza & Lobato (2004), o valor médio do nutriente P (5,98 mg kg⁻¹), enquadra-se na classe média, de acordo com a classe textural do solo classificada como argilosa (36% a 60% de argila). De acordo com Furtini Neto et al. (2001), o fósforo aplicado no solo tem a tendência de reagir com componentes do mesmo para formar compostos de baixa solubilidade, o que torna necessário aplicar uma quantidade superior aquela exigida pelas plantas.

Os teores de K (Apêndice D) obtidos na análise de solo foram altos de acordo com a classe de interpretação proposta por Souza & Lobato (2004). Segundo Ferreira & Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem o Ca e Mg nas folhas. As classes de interpretação das variáveis químicas dos solos, para as culturas anuais propostas por Souza & Lobato (2004), os valores médios dos teores de MO (31,7 g dm⁻³) e CTC (6,80 cmol_c dm⁻³), enquadram-se na classe média, de acordo com a classe textural do solo classificada como argilosa.

Os resultados da análise foliar encontram-se no Apêndice F. Observa-se que o Fe foi o único elemento que encontra acima do adequado, podendo estar relacionado à grande disponibilidade no solo. Já, o N encontra-se abaixo do adequado utilizando o critério de interpretação propostos por Oliveira (2004), ficando adequado para o critério de interpretação proposto por Ambrosano et al. (1996). Devido à inoculação das sementes, permite-se concluir que houve fixação biológica para o N, porém não foi muito expressiva, pois as faixas de suficiência para o nutriente ficaram muito próximas para todos os autores.

Observa-se que segundo as classes de interpretação das variáveis folhas proposta por Malavolta (2006), os valores médios dos nutrientes Mn (78,2 mg kg⁻¹), Fe (406,8 mg kg⁻¹) enquadram-se acima da adequada; os valores Zn (24,2 mg kg⁻¹), Cu (5,8 mg kg⁻¹), enquadram-se na classe abaixo da adequada. Podemos observar que na dose de 133,32 kg ha⁻¹ do fertilizante com micronutrientes elevou-se o teor de Cu no solo (Apêndice D), porém não foi evidenciado absorção pelas plantas (Apêndice F) nestes tratamentos, que pode estar influenciado pela interação com os outros nutrientes.

Nota-se que o nutriente mais limitante a produção da soja foi o Cu, provavelmente devido ao baixo teor no solo. Em todos os tratamentos, exceto o que aplicou 133,32 kg ha⁻¹ não apresentou elevação nos teores do solo. No tratamento em que houve elevação dos teores, foi aplicado 1,54 kg ha⁻¹ de Cu no solo antes do plantio. A aplicação do óxido de cálcio não influenciou na absorção dos nutrientes pela planta. Segundo Furtini Neto et al. (2001), a disponibilidade do Cu é afetada pelo pH, tendendo a diminuir com a sua elevação, porém não foi observada redução dos teores nas plantas com a aplicação do óxido de cálcio. A ordem de extração dos micronutrientes pela planta foi: Fe>Mn>Zn>Cu, ratificando os resultados obtidos por Bataglia & Mascarenhas (1977).

Houve ajuste polinomial de segundo grau para o mineral Zn em função das diferentes doses do fertilizante fonte de micronutrientes (Figura 3.4). A partir do teor médio, a quantidade de 98,0 kg ha⁻¹ foi a que apresentou a menor absorção.

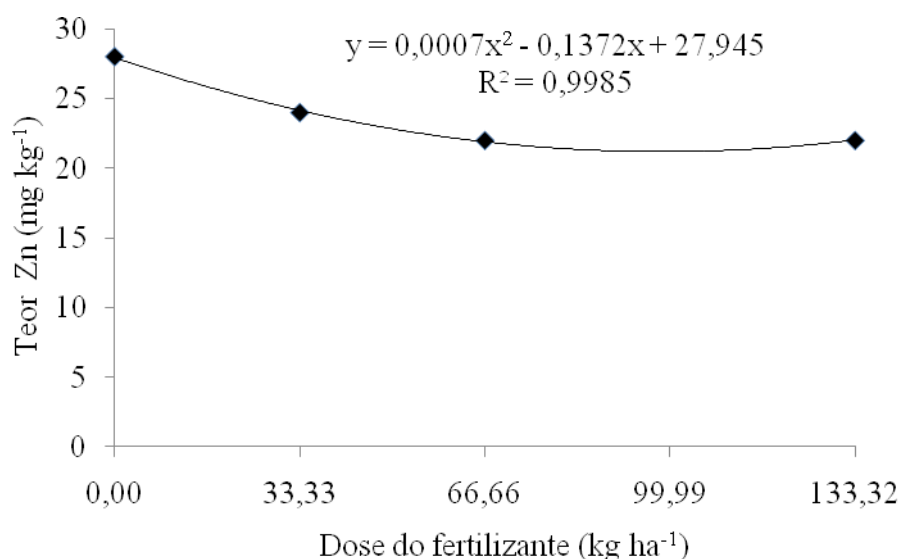


Figura 3.4. Teor médio de zinco (Zn) nas folhas, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes. Os teores médios de Mn e Zn na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 25,0 mg kg⁻¹ para o Zn e de 82,0 mg kg⁻¹ para o Mn. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.

Os teores médios de Zn na planta variam entre 22 mg kg⁻¹ e 28 mg kg⁻¹ de matéria seca da planta, considerada adequada. Em caso de deficiência de Zn, a planta sofre redução da atividade enzimática, desenvolvimento dos cloroplastos, conteúdo de proteínas

e ácidos nucléicos. Dechen & Nachtigall (2006) relatam que interação entre Zn e P na planta é negativa, uma vez que altos teores de P induzem a deficiência de Zn.

Pode-se verificar que no tratamento com 133,32 kg ha⁻¹ do fertilizante, os teores médios dos nutrientes Zn e Cu (25,0 mg kg⁻¹ para Zn e 7,0 mg kg⁻¹ para Cu) apresentaram maior produtividade. De acordo com Furlani (2004) a demanda de Zn pelas plantas está na faixa de 15 mg kg⁻¹ a 30 mg kg⁻¹ de matéria seca pelas folhas.

Atualmente, se sabe da grande importância dos micronutrientes para a cultura da soja, a maioria dos trabalhos abordando a adubação dos micronutrientes no Brasil resalta a necessidade de maiores esforços direcionados para a pesquisa concernente ao tema (Galvão, 2002; Resende, 2005). Existem limitações quanto ao volume de informações sobre micronutrientes a respeito da dinâmica no solo, das técnicas para diagnosticar deficiência e dos métodos de calibração. Normalmente se faz adubação NPK com adição de micronutrientes, mas sem diagnosticar com precisão o estado nutricional da cultura.

Foi possível observar a redução dos teores de Mn e Zn nas folhas (Apêndice F), mesmo com o aumento das dosagens do fertilizante no solo, podendo inferir o efeito da diluição da concentração do mineral no conteúdo foliar, pois as produtividades foram maiores. Existe uma grande dificuldade para obtenção de resultados com resposta positiva quanto à aplicação dos fertilizantes com micronutrientes.

3.4 CONCLUSÕES

- A dose do fertilizante que apresenta a melhor produção relativa para a soja é de 128,63 kg ha⁻¹.

- Há incremento no solo de Mn e Zn a partir de 15,16 kg ha⁻¹ e 13,2 kg ha⁻¹, respectivamente, do fertilizante aplicado

- O método de análise de solo foi mais sensível para avaliar o comportamento da produtividade, em relação ao método da análise foliar.

- Há resposta positiva quanto ao incremento de produtividade com a aplicação do fertilizante fonte de micronutrientes

3.5 REFERÊNCIAS

ABREU, C. A. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 645-736.

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. p. 189-191. (Boletim Técnico 100).

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas: Instituto Agronômico, 1977. 36 p. (Boletim Técnico, 41).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE GOIÁS. **Recomendação de corretivos e fertilizantes para Goiás**. 5º aproximação. Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio/2009**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 01 maio 2009.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março/2010**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_09.03.10.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2010.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, 2006. p. 327-354.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos; Embrapa Informática Agropecuária. SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 138).

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, M. G. B. (Ed.) **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004. p. 40-75.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261 p.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 185-226.

GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco em Latossolo vermelho-amarelo argiloso sob cerrado, para a soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 83-87, 1993.

LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; FRIGONI, A. S.; TREVISAN, L. A. R. Doses, fontes e épocas de aplicação de micronutrientes na cultura do milho. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 76-81. 2007.

LOPES, A. S.; ABREU, C. A. Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. v. 1, 2000. p. 265-298.

LOPES, A. S. Micronutrientes – filosofia de aplicação e fontes. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. p. 79-86.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B.; CARMELLO, Q. A. C. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 164-171, 1996.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

REETZ, E. R.; SANTOS, C.; CORRÊIA, S.; SILVEIRA, D.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da soja 2008**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2008. 136 p.

REZENDE, A. V. Diagnose foliar em soja. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Genplant, 2008. p. 221-240.

REZENDE, A. V. Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas. 2005. Disponível em: < <http://www.cetem.gov.br/publicacao>>. Acesso em: 12 jun. 2010. (Série Estudos e Documentos, 64).

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

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 105-135.

4 EFEITO RESIDUAL DO FERTILIZANTE FONTE DE MICRONUTRIENTES APLICADO VIA SOLO PARA CULTURA DO MILHO

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o efeito residual da aplicação de fertilizantes contendo micronutrientes, via solo, para cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. O trabalho foi realizado em condição de campo em um Latossolo Vermelho na área experimental da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, Goiás. O experimento foi conduzido na safra 2008/2009 em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados micronutrientes na forma de pó na safra 2007/2008 em quatro doses e como referência a testemunha: D0 – 0 kg ha⁻¹, D0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D1 – 66,66 kg ha⁻¹, D2 – 133,32 kg ha⁻¹ e D1C - 66,66 kg ha⁻¹ mais 1,4 t ha⁻¹ de óxido de cálcio. Avaliou-se a produtividade de grãos, análise foliar dos níveis de nutrientes e análise química do solo. Os teores de Zn se mantêm elevados no solo em relação aos valores antes da instalação do experimento, apresentando efeito residual à aplicação dos micronutrientes. Embora não apresentasse resposta significativa para a produtividade, a análise foliar mostrou que houve uma maior absorção pelas plantas nas parcelas em que apresentou maiores teores de Zn no solo. As maiores produtividades são obtidas quando aplicou-se 69,08 kg ha⁻¹ do fertilizante em relação à testemunha contendo micronutrientes aplicados na safra 2007/2008.

Palavras-chave: *Zea mays*, Cerrado, nutrição mineral.

ABSTRACT

AGRONOMIC EFFICIENCY OF FERTILIZER FOUNT OF MICRONUTRIENTS IN SOY AND CORN CULTURES

The aim of the work was to value the residual effect of the application through the soil of fertilizer with micronutrients to corn culture that was cultivated in a direct plantation system. The work was performed in field's condition in a Distrofic Red Latosoil in the experimental area of the School of Agronomy and Food Engineering of the Federal University of Goiás – Goiás. The experiment was performed in the harvest 2008/2009 in randomized complete blocks design with five treatments and four repetitions. Micronutrients were used in the form of powder in the harvest 2007/2008 in four doses and as reference the testimony: D0 – 0 kg ha⁻¹, D0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D1 – 66,66 kg ha⁻¹, D2 – 133,32 kg ha⁻¹ and D1C - 66,66 kg ha⁻¹ plus 1,4 t ha⁻¹ of Calcium Oxide. It was valued the grain yield, the leaves analysis of nutrients levels and the soil chemical analysis. The levels of Zn kept high in the soil in reference of the values before the experiment performance, presenting a good residual effect to the nutrients application. Although the leaves analysis does not present significant answer for the productivity, it showed that there was a better absorption by plants in parcels with more Zn levels in the ground. The biggest productivity was obtained when 69,08 kg ha⁻¹ of fertilizer containing micronutrients was applied as reference to the testimony in the harvest of 2007/2008 were.

Key words: Zea mays, Cerrado, mineral nutrition.

4.1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro com 204 milhões de hectares, possui grande destaque no cenário agrícola nacional e mundial, sendo ao mesmo tempo importante reserva da biodiversidade e um grande potencial produtor de alimentos (Mendes & Junior, 2004). Esta vegetação caracteriza-se pela alta diversidade de espécies lenhosas, coexistindo sob condições de baixo suprimento de nutrientes (Kozovits, 1977), e tende a apresentar um número maior de espécies por área em locais relativamente mais próximos de sua base nuclear (Ribeiro et al., 1997).

Dentre os maiores produtores de milho, o Brasil ganha destaque em volume produzido, estando em terceiro lugar em produção mundial (Embrapa, 2008). Do total produzido no Brasil na safra 2008/2009, o estado do Paraná lidera o ranking de produção,

respondendo por cerca de 22% da produção nacional, sendo seguido por Mato Grosso, Minas Gerais e em quarto lugar o estado de Goiás, com 9,6% da produção brasileira. Dentre as cinco regiões brasileiras, a Centro Oeste se destaca como o segundo maior produtor do grão no país (Conab, 2010).

A cultura do milho vem sendo muito explorada em rotação e/ou sucessão à cultura da soja, pois possui grande potencial de produtividade. Mas, para que esse potencial se expresse, é muito importante, dentre outras práticas culturais, a correta adubação que atenda às exigências nutricionais. A necessidade de alavancar elevados índices de produtividade tem levado a uma crescente preocupação com a adubação com micronutrientes (Cantarella & Duarte, 2004).

Os micronutrientes têm tido grande importância no que diz respeito à limitação da produtividade em solos de Cerrado, uma vez que estes solos são originalmente deficientes nesses elementos essenciais, caracterizando-se por baixa fertilidade natural e elevada acidez, com presença de Al^{+++} , segundo Fageria & Baligar (2001) e Ernani et al. (2002).

A disponibilidade de micronutrientes para as plantas depende, entre outros fatores, da textura, matéria orgânica, e principalmente, do pH do solo. O aumento do pH do solo reduz a disponibilidade do Cu, Fe, Mn e Zn (Marschner, 1995). Já o B, é mais disponível na faixa do pH de 5,0 a 7,0. A disponibilidade de micronutrientes nos solos brasileiros varia com o tipo de solo e com as regiões geográficas. Nos solos do Cerrado, é necessário adicionar vários micronutrientes, especialmente Zn, para a obtenção de altos rendimentos agrícolas (Galvão, 2004),

No Brasil, Zn é o micronutriente com maior probabilidade de se tornar limitante ao desenvolvimento das plantas, principalmente para espécies exigentes, à semelhança do milho. De todos os micronutrientes, o Zn é o que apresenta as maiores respostas de produção de grãos na cultura do milho em solos brasileiros, devido à deficiência generalizada do material de origem, que ocorre principalmente em solos sob vegetação de Cerrado (Bull, 1993).

Boa parte dos solos brasileiros é deficiente em fósforo, inclusive os do Cerrado, e a aplicação de fertilizante fosfatado para corrigir sua deficiência pode contribuir para a escassez de Zn, devido ao antagonismo entre esses dois nutrientes. Apesar das

evidências de interação P e Zn, o local de ocorrência não está definido. Ela pode ocorrer no solo, na planta ou em ambos (Abreu et al., 2001).

O Zn é essencial para diferentes sistemas enzimáticos da planta, controlando a produção de importantes reguladores de crescimento. A sua função básica está relacionada ao metabolismo de carboidratos, proteínas, fosfatos e também à formação de auxinas, RNA e ribossomos (Dechen et al., 1991).

Fica evidente a importância da avaliação da influência dos micronutrientes para a obtenção da máxima produtividade da cultura do milho. Determinar as doses, fontes e épocas de aplicação mais adequadas, bem como, verificar possíveis efeitos tóxicos às plantas pela aplicação de microelementos, pode auxiliar sobremaneira no planejamento da adubação.

O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito residual da aplicação de fertilizantes contendo micronutrientes, via solo, para cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Caracterização da área experimental

O ensaio foi conduzido em condição de campo em Goiânia, na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (Campus Samambaia – latitude 16° 35' 59" S, longitude 49° 16' 56" W e altitude 704,35 m), de novembro de 2008 a abril de 2009, em um Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 1999), onde no segundo ano de plantio o solo apresentava os seguintes teores (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 Atributos químicos do solo na camada de 0 – 20 cm antes do plantio da cultura do milho (outubro de 2008). Goiânia, GO.

M.O.	V	pH	P(Mel)	K	Ca	Mg	CTC	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----		CaCl ₂	-----mg dm ⁻³ -----		-----cmolc dm ⁻³ -----			----- mg dm ⁻³ -----			
2,6	41,8	5,4	4,4	113,7	1,7	0,8	6,4	2,6	49,3	24,5	4,6

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições (Apêndice A). A área total do experimento consistiu em 900 m², e cada unidade experimental foi constituída por sete metros de largura por cinco metros de comprimento e espaçada um metro uma da outra.

Foi realizado o plantio no sistema de semeadura direta, após dessecação da área com glyphosate na dose de 4,0 L ha⁻¹, o qual foi aplicado mediante o uso de um pulverizador de barras regulado para a vazão de 200 L ha⁻¹, e intervalo de dezesseis dias para o plantio (Apêndice G). No momento da dessecação, a área apresentava-se com 80% a 100% de cobertura e cerca de 80% deste total era composto por *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*, *Commelina benghalensis*, *Bidens pilosa* e *Ipomoea grandifolia*.

4.2.2 Tratamentos

O fertilizante fonte de micronutrientes foi fornecido pela empresa Stefani S/A, localizada no município de Senador Canedo, GO. O produto foi obtido pela transformação de minério de manganês em monóxido de manganês e posteriormente, após ataque com ácido sulfúrico a fabricação de sulfatos de manganês e soluções de manganês. A fonte inorgânica foi misturada com outros sais metálicos com sulfatos e óxidos (oxisulfatos). O produto testado tem em sua composição de 6,8% de manganês (Mn), 3,9% de zinco (Zn), 2,1% de ferro (Fe), 1,2% de cobre (Cu) e 1,1% de boro (B).

Os tratamentos foram constituídos por quatro doses do fertilizante fonte de micronutriente: D 0 – 0 kg ha⁻¹, D 0,5 – 33,33 kg ha⁻¹, D 1 – 66,66 kg ha⁻¹, D 2 – 133,32 kg ha⁻¹ e D 1C - 66,66 kg ha⁻¹ mais 1,4 t ha⁻¹ de óxido de cálcio, aplicados na safra 2007/2008. Em cada parcela foram realizadas amostragens de solo e de folhas dispostas em posições aleatórias em cada área. As variáveis analisadas foram a produtividade e teores químicos do solo e folha.

Na seleção dessas parcelas procurou-se manter a regularidade e homogeneidade na distribuição da adubação com micronutrientes. A semeadura foi em sistema plantio direto no dia 19 de dezembro de 2008 com semeadora-adubadora dotada de sistema de rompimento de solo tipo disco. As sementes do milho, do híbrido Pioneer 30A04 Y, foram previamente tratadas com fungicida Maxim XL, 1 mL kg⁻¹ de semente e inseticida Gaucho FS,

300 mL ha⁻¹. A adubação utilizada de NPK foi 500 kg ha⁻¹ de 08-28-18 no plantio e 200 kg ha⁻¹ de uréia (45% N) em cobertura aos 20 dias após germinação, cujas doses foram determinadas de acordo com as recomendações de Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Goiás (1988).

4.2.3 Variáveis analisadas

Na amostragem de solo para análise química foram coletadas treze amostras simples por parcela de forma aleatória, que após mistura homogênea formou a amostra composta. Para cada parcela foi realizado o mesmo procedimento, sendo que para cada doze amostras simples nas entrelinhas foi realizada uma na linha de plantio.

Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, usando um trado holandês. Foi realizado nestas duas profundidades para verificar se houve movimentação de algum dos nutrientes. As coletas de solo foram realizadas durante o período de florescimento da cultura. O solo amostrado foi analisado no laboratório de análises de solos e folhas (LASF-EA/UFG) da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (1999).

As amostras de solo encaminhadas ao LASF-EA/UFG foram secas ao ar em sombra e peneiradas, com a fração menor que 2 mm, sendo posteriormente submetida às análises de laboratório. A análise granulométrica (textural) foi realizada pelo método do densímetro, baseado na sedimentação das partículas constituintes do solo (Embrapa, 1999).

As análises químicas envolveram as seguintes determinações: pH em CaCl₂ 0,01 M; micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), P e K disponíveis, adotando-se o método de extração pela solução duplo ácida (extrator Mehlich 1); Ca e Mg disponíveis e teor de Al, extraídos com KCl 1 M; H + Al (acidez potencial), determinada pela leitura do pH SMP e teor de matéria orgânica do solo, com uso de solução de dicromato de potássio em meio sulfúrico (Embrapa, 1999).

4.2.4 Análises foliares

Para a avaliação dos teores foliares foram coletadas trinta amostras de folhas por parcela, durante o aparecimento da inflorescência feminina, do terço central da folha oposta e abaixo da espiga, descartando-se a nervura, conforme recomendação de Malavolta et al. (1997). Estas amostras foram colocadas em sacos de papel e transportados ao laboratório (LASF-EA/UFG).

Na sala de preparo, o material foi lavado com água destilada, colocadas em sacos de papel para o processo de secagem em estufa com ventilação forçada a 60 °C. Após atingir o peso seco constante, as folhas foram moídas, sendo então submetidas às análises químicas. Foram feitas as determinações dos teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

4.2.5 Produtividade

A colheita do milho safra 2008/2009 foi realizada no centro de cada parcela, tomando quatro linhas de três metros de plantio, colhendo todas as espigas da área demarcada. A área para determinação da produtividade foi de 10,2 m² de área útil por parcela.

As amostras coletadas foram identificadas e ensacadas que, posteriormente foram trilhadas. Após a pesagem foi feita a correção da umidade para 13% e extrapolado o cálculo para a produtividade em hectares.

4.2.6 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Posteriormente foram efetuados ajustes de regressão polinomial entre doses de micronutrientes e variáveis analisadas. Para as análises estatísticas utilizou-se o *software* estatístico Statistical Analysis System – SAS (2003), versão 9.1.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de produtividade de grãos de milho são apresentadas no Apêndice H. A dose de 33,33 kg ha⁻¹ proporcionou incrementos de 10,08% na produtividade do milho em relação ao tratamento sem aplicação de micronutrientes. Considerando a média de produtividade do Estado de Goiás (5.945 kg ha⁻¹) na safra 2008/2009 (Conab, 2010), as produtividades obtidas no presente estudo foram altas indicando alto potencial de resposta do híbrido simples Pioneer 30A04 Y empregado no ensaio.

O ajuste polinomial de segundo grau entre as produtividades médias relativas das produções de milho em função das doses utilizadas (Figura 4.1) indicou que a dose de máxima produção obtida foi de 69,08 kg ha⁻¹ dos micronutrientes aplicados. Nesta dose foi fornecido em kg ha⁻¹ 4,7; 2,69; 1,45; 0,8 e 0,76, respectivamente a Mn, Zn, Fe, Cu e B. Com relação à recomendação proposta por Galvão (2004), a quantidade aplicada na instalação do ensaio, safra 2007/2008 foi condizente com o recomendado para cultura do milho, uma vez que foi aplicado a dose referente a dois anos de plantio. Segundo este autor, as recomendações orientam para que seja aplicado 1/4 da dose total a cada ano, por quatro anos seguidos, quando a aplicação for via sulco de plantio.

No parâmetro avaliado de produtividade não houve resposta significativa entre os tratamentos que receberam ou não o fertilizante contendo os micronutrientes. Por causa da deficiência generalizada de Zn, principalmente nas regiões de Cerrado, segundo Faquim (2005), esse micronutriente é o que proporciona as maiores respostas na produtividade de milho em solos brasileiros.

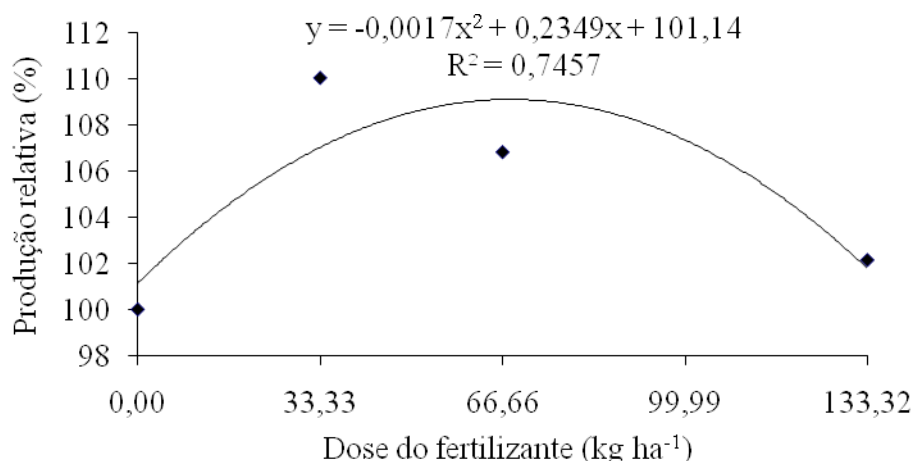


Figura 4.1 Produtividade relativa do milho submetida a diferentes doses residuais dos micronutrientes. A produtividade relativa na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 102,60%. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

A adição do fertilizante aumentou os teores de Zn no solo (Apêndice I). Souza et al. (1998) concluíram que a adição do micronutriente Zn promoveu incrementos significativos na produção de milho e nas concentrações desse elemento nas folhas, mas não houve vantagem em empregar doses superiores a 5 kg ha⁻¹. Galvão (1995) obteve resultados semelhantes, contrariando os resultados obtidos no presente estudo em relação à produtividade.

No solo, os teores médios dos nutrientes Zn (2,88 mg dm⁻³); Mn (13,80 mg dm⁻³) e Cu (1,59 mg dm⁻³) (Tabela 4.2) enquadram-se na classe alta segundo a classificação de Galvão (2004) e o Fe de acordo com critério proposto por Souza & Lobato (2004) também se encontra na classe alta, considerando pH em água de 6,0 para os micronutrientes.

Tabela 4.2 Teores mínimos, máximos e médios dos micronutrientes no solo, obtidos para a cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média
Cu (mg dm ⁻³) Mehlich I	0,20	3,30	1,59
Fe (mg dm ⁻³) Mehlich I	12,10	43,20	26,24
Mn (mg dm ⁻³) Mehlich I	5,00	25,50	13,80
Zn (mg dm ⁻³) Mehlich I	0,90	9,20	2,88

Nota-se na Figura 4.2 que houve efeito significativo para Zn no solo entre as doses. A dose 133,32 kg ha⁻¹ proporcionou um maior teor de zinco no solo seguido pela dose 66,66 kg ha⁻¹ e 66,66 kg ha⁻¹ + 1,4 t ha⁻¹ óxido de cálcio. De acordo com Abreu et al. (2001), a quantidade total de Zn no solo representa a capacidade potencial do solo em fornecê-lo à planta e é em função principalmente do material de origem e dos processos que atuaram na sua formação. Já, Galvão (2004) menciona que a deficiência em solos de Cerrado ocorre devido ao baixo teor natural do solo, o qual é insuficiente para suprir a necessidade da planta.

Em relação às doses de Zn, Galvão & Mesquita Filho (1981) verificaram para a cultura do milho que o teor de zinco no solo aumentou em função do aumento das doses aplicadas (0 mg kg⁻¹; 1,25 mg kg⁻¹; 2,5 mg kg⁻¹; 5,0 mg kg⁻¹ e 10,0 mg kg⁻¹). Já Buzetti et al. (1991) verificaram que a máxima produção de matéria seca foi obtida com a aplicação de 2,0 mg kg⁻¹ e 2,2 mg kg⁻¹ de Zn, para solos com valores de pH de 5,7 e 6,1.

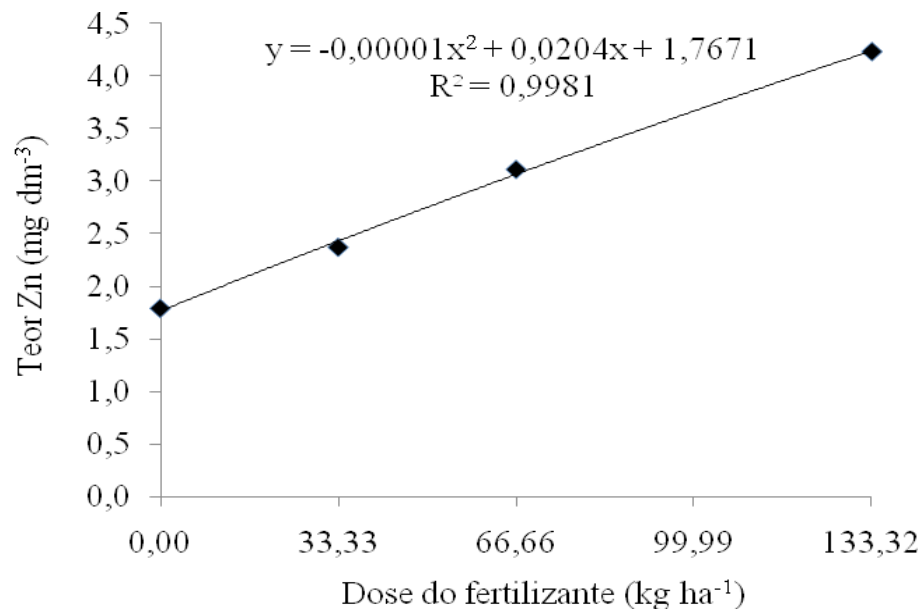


Figura 4.2 Teor médio de zinco (Zn) no solo, em diferentes doses do fertilizante fonte de micronutrientes em residual na cultura do milho. O teor médio de Zn na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 2,93 mg dm⁻³ para o Zn. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

No tratamento em que aplicou o óxido de cálcio (2,93 mg dm⁻³), observa-se que não apresentou diferença significativa para a mesma dose sem o óxido de cálcio, embora o teor médio ficasse um pouco abaixo, podendo estar relacionado ao fato do óxido de cálcio já ter sido todo reagido no primeiro ano de cultivo, uma vez que o pH (4,72 e 4,62) respectivamente ao tratamento 66,66 kg ha⁻¹ e 66,66 kg ha⁻¹ + 1,4 t ha⁻¹ de CaO, estão muito próximos.

Raij (1991) afirma que sob condições de pH elevado, o Zn precipita na forma de hidróxido de zinco insolúvel e se torna indisponível para as plantas. A disponibilidade de Zn no solo é diretamente afetada pelo pH, sendo que ao elevar o pH do solo a disponibilidade é diminuída, devido ao aumento da retenção no complexo coloidal ou à redução da solubilidade de suas fontes (Quaggio, 2000). Ainda em relação à disponibilidade do Zn nos solos, Lopes (1999) cita que o zinco pode ser fortemente adsorvido pelos colóides do solo, o que ajuda a diminuir as perdas por lixiviação, porém pode dificultar a absorção pelas plantas em alguns casos e também provocar deficiências.

Observando na Figura 4.3 que as médias dos micronutrientes em superfície (0 cm a 20 cm) e na profundidade de 20 cm a 40 cm, verificam-se que houve diferença significativa para Zn, Mn e Cu. Os maiores teores médios de zinco e manganês foram detectados nas Camadas mais superficiais. Estes resultados indicam a baixa mobilidade destes nutrientes no solo. Os teores de ferro encontram-se altos, porém não houve diferença significativa quanto a profundidade, tais resultados pode estar relacionado com a origem do solo.

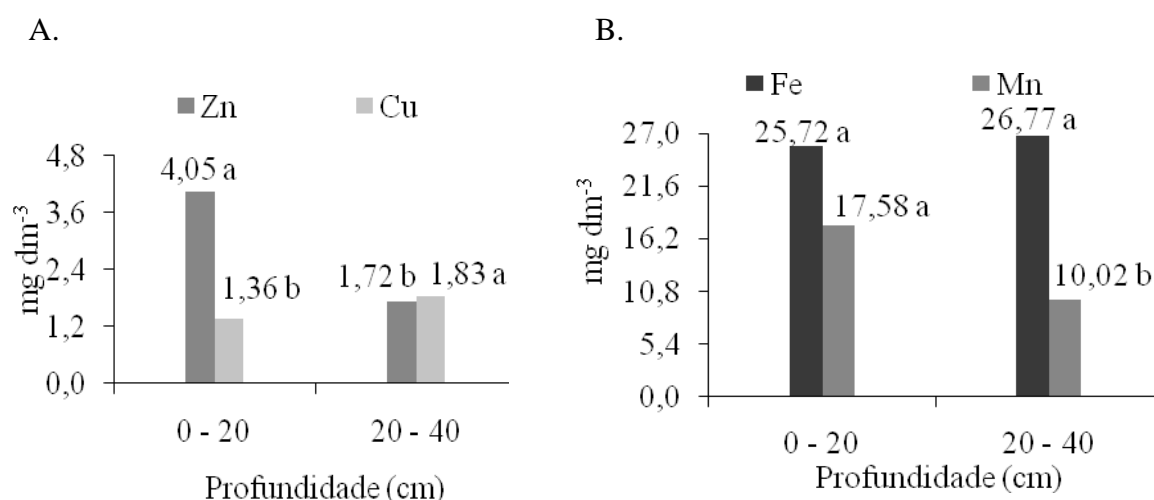


Figura 4.3 Teores médios de zinco (Zn) e manganês (Mn) (A), ferro (Fe) e cobre (Cu) (B), em diferentes profundidades. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando o comportamento do Mn no solo, verifica-se que a média dos teores ($13,80 \text{ mg dm}^{-3}$) durante a condução da cultura do milho, fase florescimento, foi inferior quando comparado do anterior ao plantio ($24,5 \text{ mg dm}^{-3}$). Pode-se inferir que houve uma alta disponibilidade do nutriente e conseqüentemente uma grande absorção pelas plantas. Leite et al. (2003) observaram em seu estudo que valores elevados de Mn disponível no solo, resultou em uma maior absorção pelas raízes e a ocorrência do efeito da concentração na folha, corroborando com os resultados obtidos

Houve ajuste polinomial de segundo grau para os níveis de Mn e Fe em função das doses do fertilizante aplicados no solo (Figura 4.4). A curva de tendência sugere que nos teores médios, a dose de $50,0 \text{ kg ha}^{-1}$ e $84,55 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente a Mn e Fe do fertilizante como de menor incremento residual no solo. Nestas doses foram fornecidos em

kg ha⁻¹ 3,4 de Mn e 1,77 de Fe no ano anterior. Estes teores estão condizentes com a recomendação de Galvão (2004).

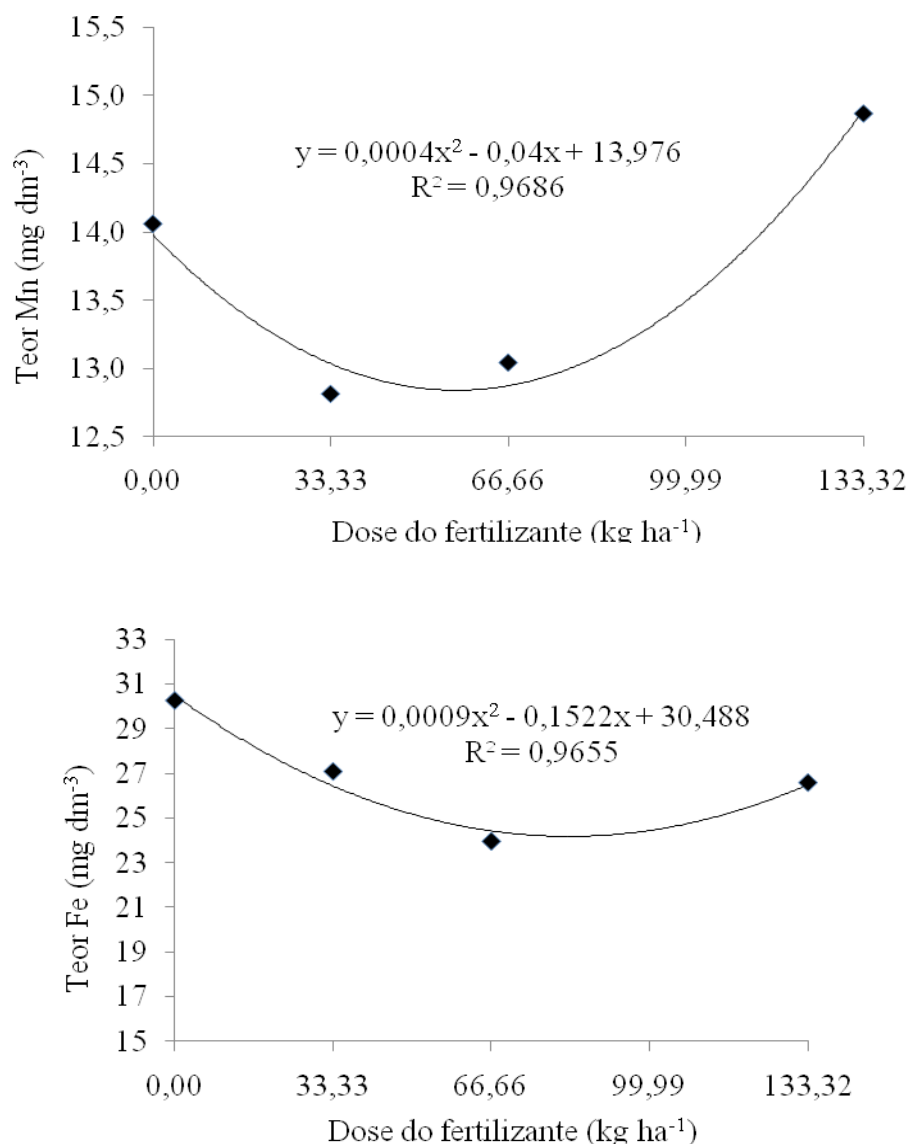


Figura 4.4. Teores médios de manganês (Mn) e ferro (Fe) no solo, em diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes. Os teores médios de Mn e Fe na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 14,17 mg dm⁻³ para o Mn e de 23,41 mg dm⁻³ para o Fe. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

De maneira geral, o cálcio e magnésio (Tabela 4.3) não apresentaram diferenças significativas entre as médias obtidas na camada superficial (0 - 20 cm), se comparada à camada de subsuperfície (20 - 40 cm). Na região do Cerrado, baixos teores de cálcio e magnésio não ocorrem somente em superfície, podendo ocorrer também nas camadas subsuperficiais (Sousa & Lobato, 2004). Comparando os teores médios de Ca

(1,20 cmol_c dm⁻³) e Mg (0,47 cmol_c dm⁻³), observa-se que os nutrientes Ca e Mg estão baixos de acordo com a classe de interpretação proposta por Souza & Lobato (2004), considerada baixa. Devido à deficiência de magnésio nos solos do Cerrado, deve-se considerar que a utilização de calcário dolomítico ou magnesiano exerce grande influência na absorção de Ca e Mg pelo milho (Bull, 1993), observando o teor mínimo de 0,5 cmol_c dm⁻³ de Mg (Sousa & Lobato, 2004).

Tabela 4.3 Teores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas camadas amostradas. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

Profundidade (cm)	Ca	Mg
	cmol _c dm ⁻³	
0-20	1,29 a	0,49 a
20-40	1,12 a	0,44 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Um dos maiores coeficiente de variação foi obtido para o teor de P (52,85%) (Apêndice I). Esse efeito se deve a grande variação dos teores de nutrientes na área amostrada. Machado et al. (2007) atribuem esse fato ao modo de aplicação e a baixa mobilidade do P no solo. Contudo, sua média está em nível abaixo do adequado (Tabela 4.4), segundo Souza & Lobato (2004). Para Ferreira & Carvalho (2005) o nutriente P no solo deve ser manejado, considerando o nível adequado, para as possíveis adubações e aproveitar o efeito residual das adubações anteriores.

Tabela 4.4 Médias dos teores de fósforo (P) e potássio (K) nas camadas amostradas. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

Profundidade (cm)	P	K
	mg dm ⁻³	
0-20	2,10 a	62,27 a
20-40	0,79 b	56,10 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Sousa & Lobato (2004), as faixas adequadas de interpretação para o K em solos do Cerrado, considerando teores de 51 mg dm⁻³ a 80 mg dm⁻³, quando a CTC a pH 7,0 for maior que 4 cmol_c dm⁻³, encontram-se adequadas, embora presente

diferenças significativas das quantidades médias de K entre as diferentes profundidades (Tabela 4.4).

Os resultados da análise foliar encontram-se no Apêndice J. Os teores não foram influenciados pelos tratamentos, com exceção do Zn que apresentou diferenças significativas. À medida que aplicou mais zinco ao solo houve maior absorção do elemento pela planta, com os dados ajustando-se ao polinômio de segundo grau (Figura 4.5). Nota-se a tendência de maior incremento nos teores foliares na dose de 133,32 kg ha⁻¹. Nesta dose são fornecidos 5,20 kg ha⁻¹ de Zn no solo.

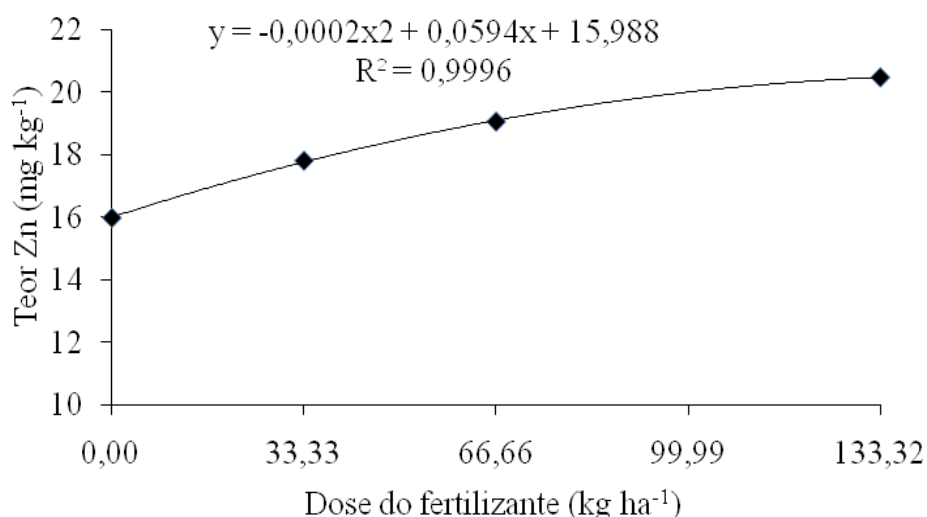


Figura 4.5 Teor médio de Zn nas folhas de milho submetidas a diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes. O teores médio de Zn na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 18,45 mg kg⁻¹. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

Observa-se que segundo valores de referência para interpretação das variáveis folha, proposta por Malavolta (2006) o valor médio do nutriente Zn (18,3 mg kg⁻¹), enquadram-se na classe abaixo da adequada; Cu (8,1 mg kg⁻¹), Fe (166,0 mg kg⁻¹), Mn (53,3 mg kg⁻¹), enquadram-se na classe adequada e o B (85,1 mg kg⁻¹) enquadra-se na classe acima da adequada. Salientando que o Zn na dose de 133,32 kg ha⁻¹ encontra-se na classe adequada, reforçando o acúmulo do nutriente no solo e conseqüente absorção pelas plantas.

Os teores médios de Zn na planta variam entre 14,1 mg kg⁻¹ e 22,1 mg kg⁻¹ de matéria seca da planta (Apêndice J). Se analisarmos estas concentrações segundo o critério proposto por Oliveira (2004) enquadra-se na classe adequada, visto que a amplitude de valores é superior ao proposto por Malavolta (2006), que é de 20 mg kg⁻¹ a 40 mg kg⁻¹. Sendo importante a necessidade de aprimoramento dos critérios de interpretação e ajustes dos índices (Coelho, 2008).

Dentre os micronutrientes, a cultura do milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco, média à de cobre, ferro e manganês e baixa à de boro, sendo que o zinco é também o micronutriente mais limitante à produção de milho no Brasil (Cantarella & Duarte, 2004).

É possível observar, que as concentrações de Zn na parte aérea das plantas de milho aumentaram com a aplicação do micronutriente. Nota-se principalmente que as doses mais alta de Zn, proporcionaram concentrações mais elevadas do micronutriente, demonstrando o efeito residual do elemento aplicado no solo. A magnitude das respostas observadas à aplicação de zinco depende do teor no solo e do patamar de produtividade da cultura (Cantarella & Duarte, 2004).

Galvão (1996) observou que no primeiro ano de cultivo em solos deficientes em Zn, as produções nas áreas não tratadas com o nutriente costumam ser baixas, e nos anos subsequentes a produtividade tende a aumentar, mesmo nas áreas sem tratamento com Zn. Segundo este autor, esse aumento pode estar relacionado com a disponibilização de Zn no solo promovido pela maior mineralização da matéria orgânica.

Com relação aos microelementos B, Cu, Fe e Mn, estes não diferenciaram significativamente em relação aos tratamentos. Considerando-se o teor médio de B (85,16 mg kg⁻¹), esse nível encontra-se fora e acima das faixas de suficiência do B na folha definidos por Malavolta (2006) que é de 15 mg kg⁻¹ a 20 mg kg⁻¹ para o milho.

O teor de B na folha do milho aumentou em correspondência ao incremento das doses aplicadas, ajustando-se ao modelo polinomial de segundo grau (Figura 4.6). A dose que representou o ápice de absorção foi 80,17 kg ha⁻¹ do fertilizante. Nesta dose foi fornecido 0,88 kg ha⁻¹ de B no solo, na safra 2007/2008. Os teores variaram entre o mínimo (52,01 mg kg⁻¹) e máximo (132,05 mg kg⁻¹), as plantas que não receberam o tratamento apresentou valores elevados, que demonstra a presença de B na solução do solo.

Jamani et al. (2006) conduzindo trabalho em um Latossolo Vermelho amarelo, sob condições de campo com doses crescentes de B no milho também não observou elevação dos teores foliares em função da dose aplicada, contrariando os resultados obtidos.

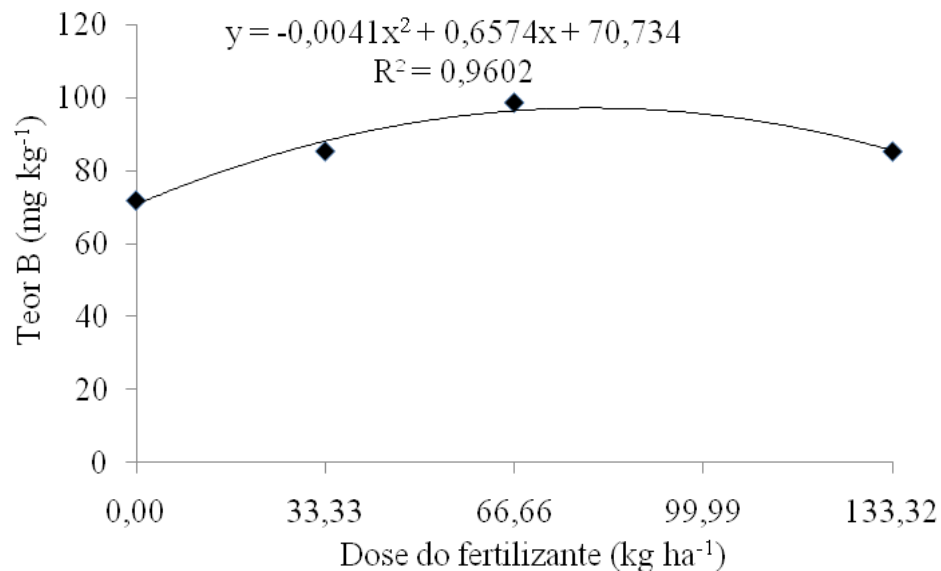


Figura 4.6 Teor de boro (B) nas folhas de milho submetidas a diferentes doses de fertilizante fonte de micronutrientes. Safra 2008/2009. Goiânia, GO. Os teor médio de B na dose 66,66 kg ha⁻¹ de fertilizante fonte de micronutrientes + 1,4 t ha⁻¹ de óxido de Ca foi de 85,15 mg kg⁻¹. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

A necessidade de se alcançar elevados níveis de produtividade na cultura do milho tem levado a uma crescente preocupação com a adubação com micronutrientes. Vários estudos no Brasil não têm mostrado resposta de milho à aplicação de micronutrientes, com exceção do zinco. A análise de solo tem se mostrado eficiente para diagnosticar a resposta da cultura de milho conduzido no Brasil.

4.4 CONCLUSÕES

- A dose que apresenta o melhor efeito residual em relação à produção relativa para o milho é de 69,08 kg ha⁻¹.

- Há efeito residual para o micronutriente Zn. A máxima produção é obtida com a aplicação de 2,69 kg ha⁻¹ do fertilizante.
- A melhor absorção do Zn pelas plantas ocorre na dose de 148,5 kg ha⁻¹ do fertilizante.
- Não há resposta significativa para os micronutrientes Cu, Fe e Mn.
- A produtividade não é influenciada pelo efeito residual dos micronutrientes.

4.5 REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; FERREIRA, M. E.; BORKERT, C. M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Eds). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 125-150.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-121.

BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; MAURO, A. O. Doses de zinco em diferentes condições de acidez de um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 6, p. 913-918, 1991.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds.) **Tecnologias de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 139-182.

COELHO, A. M. Diagnóstico foliar em milho e sorgo. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; DO VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. (Eds.) **Nutrição de plantas: Diagnóstico foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, 2008. p. 179-192.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE GOIÁS. **Recomendação de corretivos e fertilizantes para Goiás**. 5º aproximação. Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março/2010**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_09.03.10.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2010.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1991. p. 65-78.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos; Embrapa Informática Agropecuária. SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O cultivo do Milho**. Embrapa-CNPMS, Sistemas de produção, 2. 4. ed. 2008. Disponível em: <<http://www.Cnpms.embrapa.br/publicações/milho/index.htm>>. Acesso em: 23 fev. 2010.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 2, p. 305-309, 2002.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Improving nutrient use efficiency off annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 7, p. 1303-1319, 2001.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Documentos, 138).

GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 167-170, 1981.

GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para milho num latossolo vermelho-escuro argiloso, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 283-289, 1996.

GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em um Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 255-260, 1995.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 185-226.

JAMANI, N.; BULL, L. T.; CORRÊA, J. C.; RODRIGUES, J. D. Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) à aplicação de boro e zinco no solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 1, p. 99-105, 2006.

KOZOVITS, A. R. **Assimilação de nitrogênio em espécies lenhosas de Cerrado**. Brasília, 1977, 47 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia)-Departamento de Ecologia. Universidade de Brasília, Brasília, 1977.

LEITE, U. T.; AQUINO, B. F.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. Níveis críticos de boro, cobre, manganês e zinco em milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 115-125, 2003.

LOPES, A. S. **Micronutrientes**: filosofias de aplicação e eficiência agronômica. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, 1999, 72 p. (Boletim Técnico, 8).

MACHADO, L. O.; LANA, Â. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 591-599, 2007.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MENDES, I. C.; JUNIOR, F. B. R. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 34 p.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2000. 111 p.

RAIJ, B. van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p. 99-112.

RIBEIRO, J. F.; RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; PROENÇA, C. B.; FETTILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; RESENDE, A. V.; WATTER, B. M. T.; MUNHOZ, C. B. R.; ALMEIDA, S. P.; FILGUEIRASE, T. **Caracterização e manutenção da biodiversidade da flora lenhosa da região do Cerrado**. In: Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1991-1995. Brasília: Embrapa/CPAC, p. 35-37, 1997.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 81-96.

SOUZA, E. C. A.; COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v. 33, n.7, p. 1031-1036, 1998.

5 CONCLUSÕES GERAIS

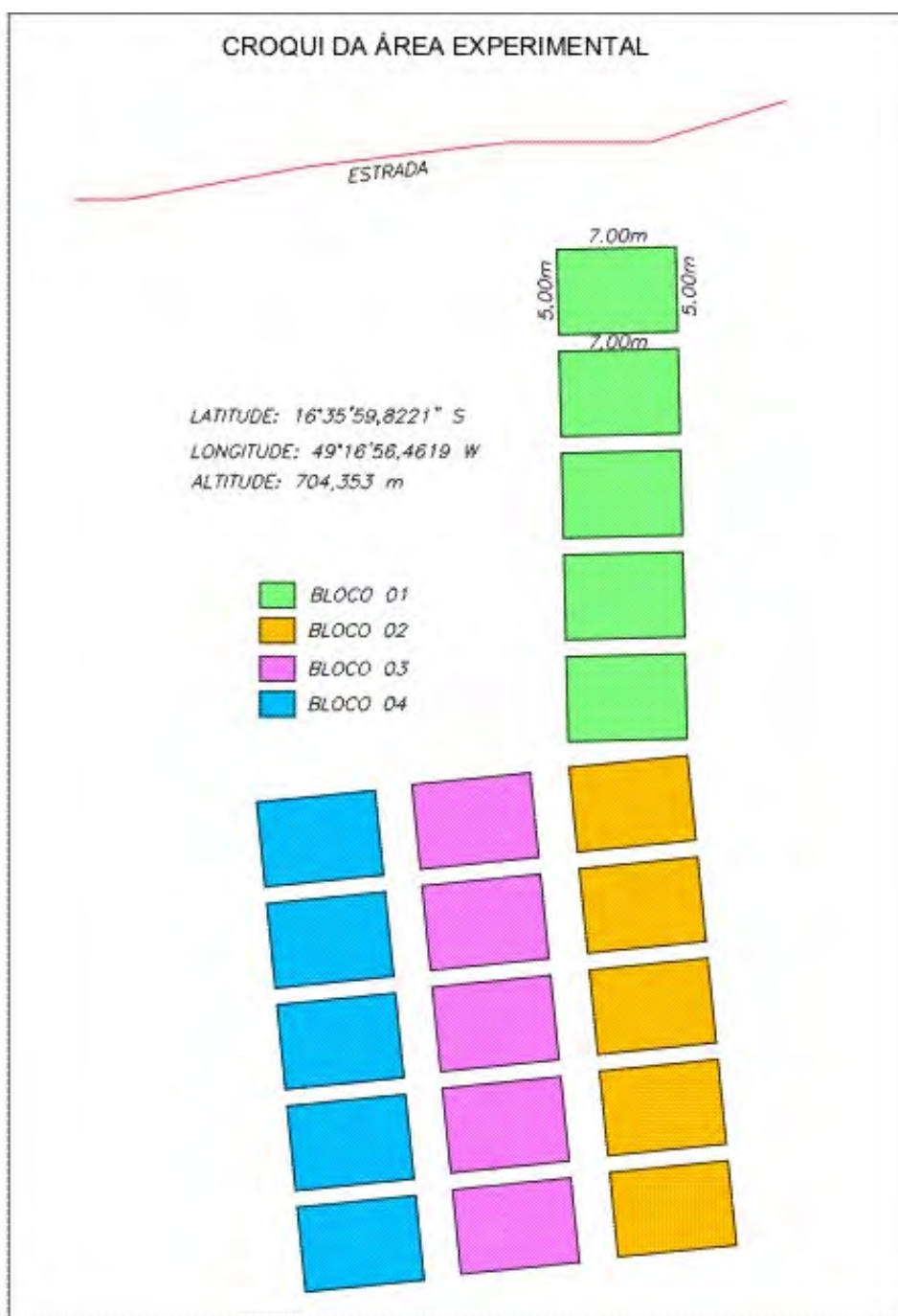
- As culturas se apresentam responsivas para o fertilizante em relação a produtividades tanto da soja quanto do milho.

- As doses de 128,63 kg ha⁻¹ e 69,08 kg ha⁻¹ do fertilizante se mostra com a melhor eficiência para a produtividade da soja e para o milho, respectivamente.

- Embora já se tenham resultados de pesquisa, os dados ainda não são consistentes, sendo necessário que os estudos sejam continuados.

6 APÊNDICES

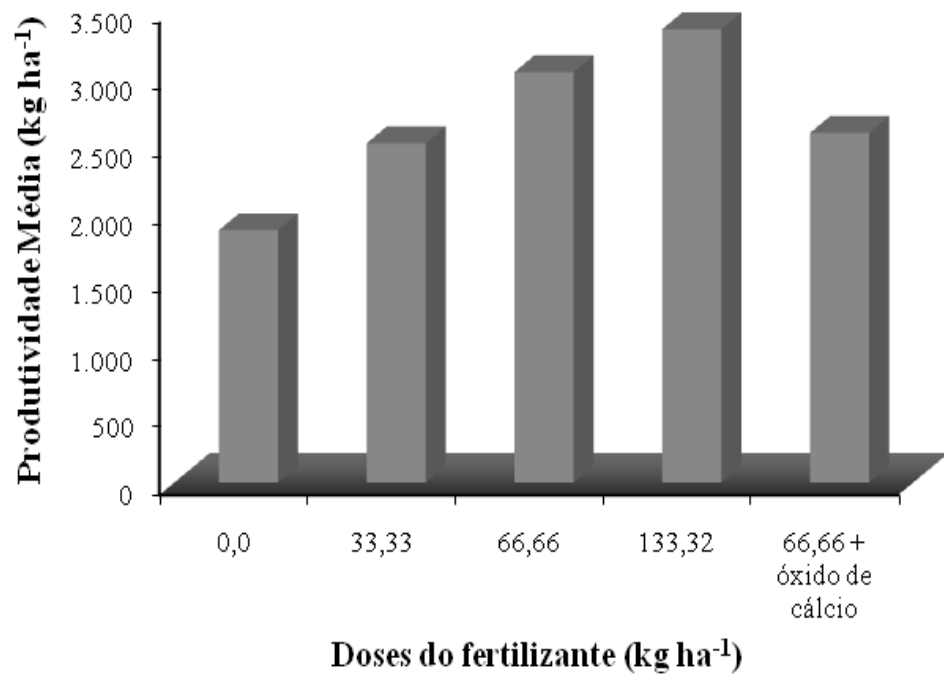
Apêndice A. Croqui da área de estudo. Campus da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG. Goiânia, GO.



Apêndice B. Detalhe da instalação da área experimental com a cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO



Apêndice C. Produtividade média de grãos nas diferentes doses do fertilizante para a cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.



Apêndice D. Análise de variância para a concentração de nutrientes em função das diferentes doses de micronutrientes aplicada no solo, para a cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.

Dose do Fertilizante kg ha ⁻¹	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	m	V
	----- mg dm ⁻³ -----				--%--	CaCl ₂	-----mg dm ⁻³ -----		-----cmolc dm ⁻³ -----				---	---	
0,0	0,60	24,30	14,17	5,12	3,12	4,58	4,22	101,25	1,75	0,62	4,22	0,37	6,85	13,47	38,00
0,5	0,58	23,70	14,42	4,70	3,25	4,55	3,15	91,75	1,60	0,58	4,22	0,35	6,63	13,67	35,98
1,0	0,70	29,45	15,70	6,45	3,25	4,72	8,17	107,75	1,92	0,67	4,02	0,37	6,90	13,10	41,07
2,0	2,67	18,48	22,95	11,47	3,20	4,65	11,20	107,75	1,80	0,58	4,10	0,37	6,75	13,75	38,60
1,0 C	0,75	20,85	15,68	5,70	2,95	4,65	3,17	94,50	1,82	0,60	4,22	0,35	6,90	11,80	37,67
Teste F Trat	2,83*	0,92	1,38	2,96*	0,55	1,26	0,63	0,83	0,41	0,39	0,54	0,06	0,24	0,12	0,58
CV	19,57	36,89	37,28	47,86	12,15	2,67	149,87	16,14	20,85	21,99	6,07	30,12	7,02	35,39	12,43

¹ CaO (Óxido de cálcio)

Ausência de * no teste F indica que não houve efeito significativo.

Apêndice E. Teores médios, máximos e mínimos dos micronutrientes obtidos na análise do solo na cultura da soja. Safra 2007/2008.

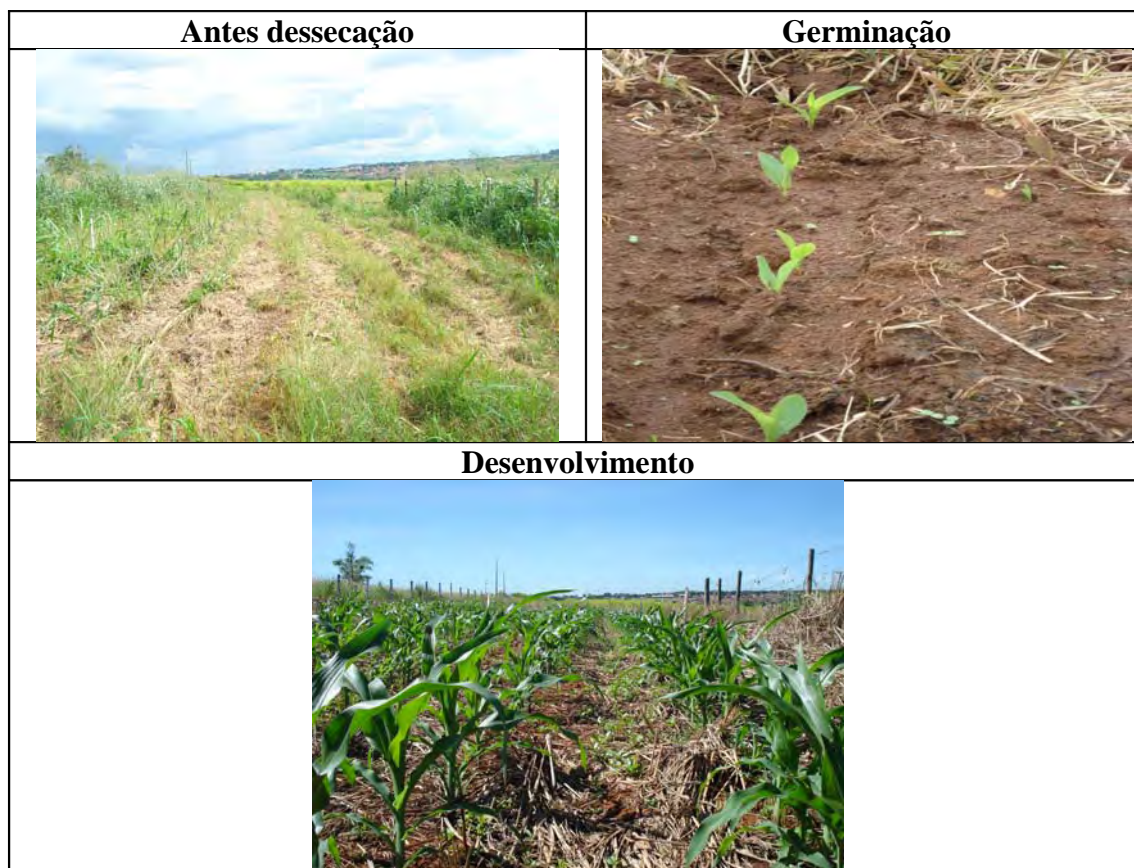
Variáveis	Média	Mínimo	Máximo
	----- mg dm ⁻³ -----		
Cu	1,06	0,10	5,80
Fe	23,35	10,90	40,00
Mn	16,58	11,00	43,50
Zn	6,65	3,90	20,50

Apêndice F. Teores médios dos atributos químicos na análise foliar na cultura da soja. Safra 2007/2008. Goiânia, GO.

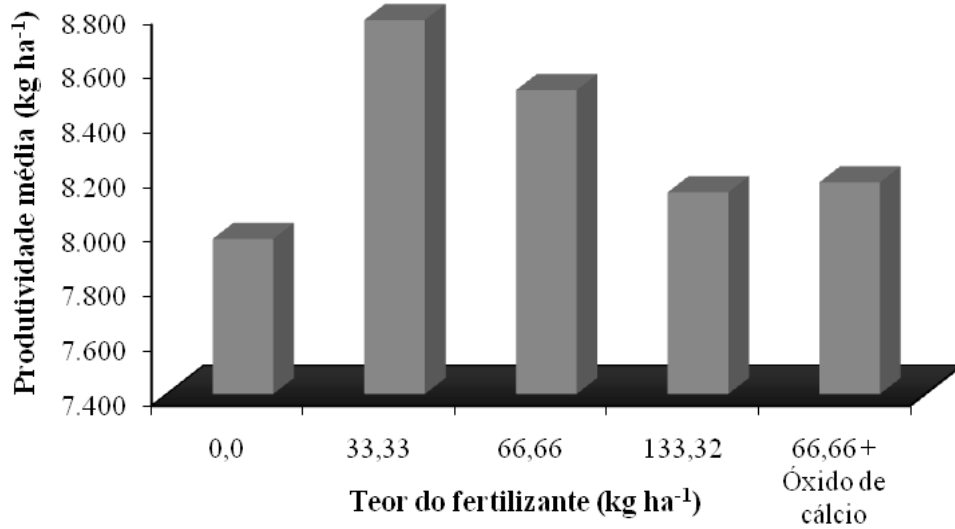
Dose do Fertilizante kg ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g kg ⁻¹ -----				----- mg kg ⁻¹ -----				
0,0	42,5	3,68	16,0	10,0	4,0	3,0	435	82,0	28,0
33,33	42,2	3,41	17,0	8,0	3,0	7,0	386	82,0	24,0
66,66	45,0	4,09	17,0	9,0	3,0	6,0	409	74,0	22,0
133,32	42,5	3,41	18,0	10,0	3,0	6,0	352	71,0	22,0
66,66 + CaO ¹	43,0	3,54	16,0	9,0	3,0	7,0	452	82,0	25,0

¹ CaO (Óxido de cálcio)

Apêndice G. Detalhe da instalação da cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.



Apêndice H. Produtividade média de grãos nas diferentes doses do fertilizante para a cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.



Apêndice I. Análise de variância para a concentração de nutrientes em função do residual das doses de micronutrientes aplicado no solo, para a cultura do milho. Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

Dose do Fertilizante Kg ha ⁻¹	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	m	V
	mg dm ⁻³				-----%-----	CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³				-----%-----	---%---	
0,0	1,47	30,25	14,06	1,79	2,07	4,63	1,45	58,81	1,84	0,54	3,99	0,00	6,52	0,00	37,76
33,33	1,74	27,07	12,81	2,37	1,93	4,64	1,25	58,31	1,05	0,41	4,38	0,07	6,00	0,93	27,04
66,66	1,31	23,94	13,04	3,11	2,05	4,62	1,64	57,81	1,04	0,45	4,39	0,01	5,99	1,05	26,26
133,32	1,79	26,57	14,87	4,23	2,02	4,68	1,31	64,00	0,92	0,48	3,99	0,01	5,54	0,61	24,14
1,0 C	1,67	23,41	14,17	2,93	2,08	4,72	1,59	57,00	1,17	0,46	4,18	0,00	5,88	0,00	29,10
Profundidade															
0-20 cm	1,36	b 25,72	a 17,58	a 4,05	a 2,37	a 4,60	a 2,10	a 62,27	a 1,29	a 0,49	a 4,38	a 0,03	a 6,30	a 1,04	a 29,6
20-40 cm	1,83	a 26,77	a 10,02	b 1,72	b 1,69	b 4,71	a 0,79	b 56,10	b 1,12	a 0,44	a 3,96	b 0,00	a 5,67	b 0,00	b 29,8
Teste F															
Trat	0,93 6,37*	1,48	0,57	4,80**	0,38	0,08	0,40	1,50	4,30**	2,50*	1,56	1,17	1,63	0,84	6,08
Prof	*	0,27	57,23**	39,44**	60,33**	0,83	29,22**	9,27**	1,17	3,35	8,72	2,12	6,60	4,50	0,01
Trat x Prof	0,66	1,17	0,40	0,79	2,98	0,74	1,21	0,18	0,26	0,86	0,29	1,17	0,29	0,84	0,62
CV (%)	36,47	24,31	22,91	40,74	13,64	8,39	52,85	10,83	41,19	18,37	10,77	434,25	12,97	298,08	18,00

¹ CaO (Óxido de cálcio)

Ausência de * ou ** no teste F indica que não houve efeito significativo.

Apêndice J. Teores médios dos atributos químicos na análise foliar na cultura do milho.
Safra 2008/2009. Goiânia, GO.

Dose do Fertilizante kg ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
0,0	29,8	3,2	14,1	3,5	1,5	71,81	7,5,0	159,0	55,2	15,9
33,33	36,1	3,1	14,0	3,3	1,8	85,22	7,75	161,7	54,2	17,8
66,66	30,5	3,2	15,5	3,8	1,5	98,49	7,75	166,2	53,0	19,0
133,32	22,4	3,5	15,6	5,0	2,2	85,15	8,75	160,5	52,7	20,4
66,66 + CaO ¹	34,1	2,8	14,3	4,0	1,8	85,15	8,75	182,7	51,2	18,4

¹ CaO (Óxido de cálcio)