

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO E  
PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO EM SISTEMA DE  
CONSÓRCIO MILHO E *Brachiaria brizantha* cv. Marandu  
EM FUNÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO**

**RENATA DE AZAMBUJA SILVA MIRANDA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2015**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO E  
PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO EM SISTEMA DE  
CONSÓRCIO MILHO E *Brachiaria brizantha* cv. Marandu EM  
FUNÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO**

**RENATA DE AZAMBUJA SILVA MIRANDA  
Engenheira Agrônoma**

**Orientadora: PROF<sup>a</sup>.DR<sup>a</sup>. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal da Grande Dourados – UFGD,  
como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de Mestre em  
Agronomia, área de concentração:  
Produção Vegetal.**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

M672a	<p>Miranda, Renata de Azambuja Silva.</p> <p>Atributos químicos de um latossolo e produtividade de soja e milho em sistema de consórcio milho e <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu em função de fontes de nitrogênio. / Renata de Azambuja Silva Miranda. – Dourados, MS: UFGD, 2015.</p> <p>71f.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Marlene Estevão Marchetti. Dissertação (Metrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Plantas de cobertura. 2. Adubos nitrogenados. 3. <i>Zeamays</i>. I. Título.</p> <p>CDD – 338.17</p>
-------	---

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

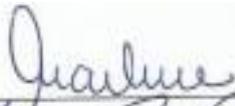
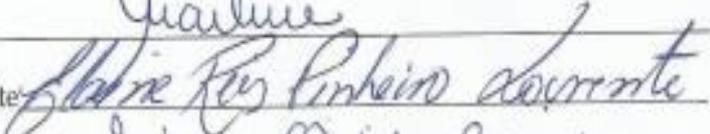
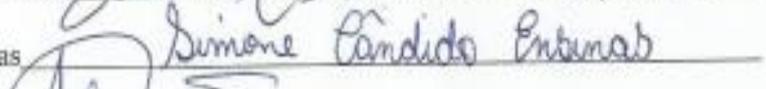
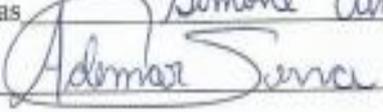
**“ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO E  
PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO EM SISTEMA DE  
CONSÓRCIO MILHO E *Brachiaria brizantha* cv. Marandu EM  
FUNÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO”.**

por

Renata de Azambuja Silva Miranda

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovado em 29 de maio de 2015.

Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti   
Dr<sup>a</sup>. Elaine Reis Pinheiro Lourente   
Dr<sup>a</sup>. Simone Cândido Ensinas   
Dr. Ademar Pereira Serra 

Á todos aqueles que fizeram do meu sonho real, me proporcionando forças para ir atrás do que eu buscava. Muitos obstáculos foram impostos, mas graças a vocês eu não fraquejei. Obrigado por tudo família, esposo, professores, amigos e colegas.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos durante minha caminhada;

À minha família que soube entender a minha ausência em muitos momentos, até a conclusão do Mestrado;

Ao meu querido esposo, pela ajuda e compreensão nos meus momentos de ansiedade e estresse durante os meses que me dediquei ao Mestrado;

A Universidade Federal da Grande Dourados, através do Programa de Pós-graduação em Agronomia que possibilitou a realização do curso de mestrado e deste trabalho;

Ao FUNDECT pela concessão da bolsa de estudo para execução do projeto de pesquisa que resultou neste trabalho;

A Fundação MS por disponibilizar a área experimental para realização deste trabalho e pela confiança depositada;

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marlene Estevão Marchetti por ter acreditado em mim, pela orientação, convivência, amizade e ensinamentos durante a execução desta pesquisa;

Ao Dr. Renato Roscoe pela co-orientação neste trabalho, pelas sugestões e ensinamentos a mim transmitidos durante a condução da pesquisa;

Aos técnicos do Laboratório de Fertilidade do Solo da UFGD, João Machado e Camila Farah pela amizade e auxílio durante as análises;

Agradeço a todos meus amigos que torceram por mim, para que eu concluísse com êxito esse desafio. Em especial aos meus amigos do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFGD, Simone Cândido Ensinas, Fabiane Faccin e Matheus Martinez.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>1.INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	8
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.1 A cultura da soja.....	11
2.2 A cultura do milho .....	11
<b>2.3. Consórcio milho – <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu</b> .....	12
2.4. Sucessão milho-soja .....	16
2.5. Matéria orgânica e atributos químicos do solo.....	16
2.6. Adubação nitrogenada .....	17
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21
<b>CAPITULO 1:PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO EM SUCESSÃO AO CONSÓRCIO MILHO COM <i>Brachiariabrizantha</i> cv.Marandu ADUBADO COM DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO</b> .....	27
1. Introdução.....	29
2. Material e Métodos .....	31
3. Resultados e Discussão .....	35
4. Conclusões .....	42
5. Referências Bibliográficas.....	43
<b>CAPÍTULO 2:ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO EM SISTEMA DE MILHO CONSORCIADO COM <i>Brachiaria Brizantha</i> cv. Marandu E DE MILHO SOLTEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO</b> .....	46
1. Introdução.....	48
2. Material e Métodos .....	50
3. Resultados e Discussão .....	54
3.1. Efeito das fontes de Nitrogênio e da interação consórcio x fonte de N .....	54
3.2. Tipo de cultivo .....	58
4. Conclusões .....	67
5.Referências Bibliográficas.....	68

## RESUMO

MIRANDA, R. de A. S. Universidade Federal da Grande Dourados, maio de 2015. **Atributos químicos de um Latossolo e produtividade de soja e milho em sistema de consórcio milho e *Brachiaria brizantha* cv. Maranduem função de fontes de nitrogênio.**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti

O objetivo com a realização deste trabalho foi avaliar a produtividade do milho e da soja sob influência do consórcio entre milho e *Brachiaria brizantha* cv. Maranduem aplicação de diferentes fontes de nitrogênio e avaliar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo após nove anos do sistema de cultivo em consórcio de milho com *Brachiarisob* diferentes fontes de nitrogênio em adubação de cobertura. O experimento foi implantado no município de Maracaju-MS nos anos agrícolas de 2005 a 2013, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. Os fatores estudados foram: o milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e milho solteiro; e o uso de fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, Ureia, Ureia + Sulfato de Amônio e Sulfato de Amônio) arrançados em esquema fatorial 2 x 4, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais possuíam dimensão de cinco metros de largura por doze metros de comprimento. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi semeado espaçamento de 0,20 m e posteriormente foi semeado o milho na mesma área no espaçamento de 0,80 m. A coleta de solo foi realizada por meio da abertura de trincheiras e coletou-se solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. O consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu não influencia as produtividades do milho desde que se utilize a quantidade adequada de sementes da forrageira. As fontes de nitrogênio nas doses utilizadas proporcionaram aumento de produtividade no milho de segunda safra em sucessão à soja nos anos de 2005, 2006, 2011 e 2012, sendo que a adubação nitrogenada em cobertura proporciona maior efeito sobre a produtividade do milho em anos com baixa disponibilidade hídrica. A produtividade da soja sobre os resíduos vegetais do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporciona ganhos em média de 331,5 kg ha<sup>-1</sup>. A adubação nitrogenada apresenta elevado potencial de acidificação e promove a redução dos teores de cálcio, magnésio e potássio. As alterações nos atributos químicos são mais fortemente alteradas pelas fontes de nitrogênio nas camadas superficiais do solo. A adoção do sistema milho + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporciona melhoria nos atributos químicos do solo, principalmente na camada superficial.

**Palavras-chave:** *Zeamays*, *Glycinemax*, fertilidade do solo, plantas de cobertura, adubos nitrogenados.

## ABSTRACT

MIRANDA, R. de A. S. Universidade Federal da Grande Dourados, março de 2015. **Chemical attributes of an Oxisol and productivity of soybean and maize in intercropping system and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in nitrogen sources function.**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti

The aim of this work was to evaluate the productivity of maize and soybean under the influence of consortium between corn and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu with application of different nitrogen sources and evaluate changes in the chemical properties of Oxisol after nine years of cultivation system in corn intercropping with *Brachiaria* under different nitrogen sources in topdressing. The experiment was established in Maracajú-MS municipality in the agricultural years 2005-2013, in Oxisol. The factors studied were: corn intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Palisade and single corn; and the use of nitrogen sources (without nitrogen, urea, urea + ammonium sulphate and ammonium sulphate) arranged in a factorial 2 x 4, in a randomized block design with four replications. The experimental plots had dimensions of five meters wide by twelve meters long. *The Brachiaria brizantha* cv. Marandu spacing of 0.20 m and was later planted corn in the same area at a spacing of 0.80 m. The soil samples were collected through the opening of trenches and collected up soil at depths of 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm. The corn intercropping with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu does not influence the yield of corn is used since the proper amount of fodder seeds. The nitrogen sources in the doses provided increased productivity in corn second crop in succession to soybeans in the years 2005, 2006, 2011 and 2012, and the nitrogen fertilization provides greater effect on the productivity of maize in years water availability. Soybean yield on plant residues of maize intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu provides earnings on average of 331.5 kg ha<sup>-1</sup>. Nitrogen fertilization has a high potential for acidification and promotes the reduction of calcium, magnesium and potassium. Changes in chemical characteristics are more strongly altered by the sources of nitrogen in the soil surface layers. The adoption of maize + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu provides improvement in soil chemical properties, mainly in the surface layer.

**Keywords:** *Zea mays*, *Glycine max*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Plant coverage, Soil quality, Nitrogenous fertilizers.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil estabeleceu-se como uma grande potência agrícola mundial devido à incorporação de tecnologias de culturas intensivas relacionados ao uso de insumos e da implementação de operações mecanizadas no processo de produção, permitindo, assim, a expansão da fronteira agrícola em regiões até então marginalizadas, especialmente no bioma do Cerrado (SEVERIANO et al., 2013).

Atualmente, no Cerrado, os agricultores têm investidos no uso do sistema de integração lavoura-pecuária, em que os agricultores realizam a semeadura de culturas graníferas consorciada com forrageiras tropicais, como as do gênero *Brachiariaspp.*. Esse tipo de cultivo é um sucesso e isso se deve ao fato de que os resíduos vegetais, acumulados pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporcionam ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (SANTOS et al., 2008).

O sistema de integração lavoura-pecuária melhora as condições físicas e químicas do solo em razão da maior produção de resíduos vegetais proporcionada pelo consórcio, o que melhora a cobertura do solo, promove aporte de matéria orgânica, favorece a infiltração de água, permite maior exploração do perfil do solo pelas raízes, promove a diminuição do processo erosivo e, conseqüentemente, mantém a estabilidade do sistema (CHIODEROLI et al., 2012).

A degradação das pastagens, grandes extensões de áreas com monocultivo da soja no verão, a pressão social sobre a terra, dívidas financeiras, preços de insumos e produtos, e competição global, vem exigindo, cada vez mais eficiência dos produtores. Diante disso, os sistemas de integração lavoura-pecuária, podem ser promissores para atender tanto as dificuldades da pecuária, como alternativa de recuperação de pastagens degradadas, como para a agricultura anual, uma vez que, o sistema plantio direto produz cobertura vegetal sob o solo, proporciona a melhoria dos atributos químicos do solo, utilização plena de equipamentos, empregos e aumento de renda no campo (MACEDO, 2009).

O plantio do milho no Brasil ocorre em duas épocas, 1ª safra e 2ª safra, também conhecida como safrinha. O milho de 2ª safra constitui-se uma atividade

lucrativa que tem recebido uma maior atenção por parte dos produtores. Apesar do aumento na produção, esse cultivo ainda carece de melhorias no sistema de produção, pois é fortemente influenciado por fatores climáticos. A produção de milho 2ª safra em Mato Grosso do Sul é caracterizada pela sucessão com soja, no verão.

Considerando a importância da soja (*Glycine max*L.) no agronegócio mundial, é necessário o desenvolvimento de sistemas de manejos, que incluam culturas que garantam maior aporte de material vegetal sobre o solo para plantio direto e que também atuam para minimizar os efeitos nocivos do tráfego de máquinas pesadas sobre as condições do solo durante o verão (BEUTLER et al., 2008).

Sendo assim, as espécies utilizadas para cobertura do solo deverão possuir determinados atributos, tais como, produzir grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, resistência à seca e ao frio, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, elevada capacidade de reciclar nutrientes, fácil produção de sementes, elevada relação C/N, entre outros (EMBRAPA, 2000).

O nitrogênio é um nutriente que possui papel fundamental nos processos fisiológicos dos vegetais, por participar, diretamente, na biossíntese de proteínas e clorofilas (ANDRADE et al., 2003), além de ser parte essencial da molécula do DNA (TAIZ e ZEIGER, 2004). Uma questão ainda não esclarecida é a dose de nitrogênio que deve ser aplicada no milho 2ª safra e isso aliada às incertezas climáticas, especialmente a disponibilidade hídrica, e a implantação da cultura em sucessão à soja são os principais fatores associados à dificuldade nessa tomada de decisão (SORATTO et al., 2010).

No cultivo de segunda safra, tem sido usual a recomendação de doses inferiores à adotada para a época da primeira safra, em consequência, principalmente, da baixa resposta da planta nessas condições de cultivo, bem como do fato de a semeadura ser realizada, na maioria das vezes, após a soja (SHIOGA et al., 2004). Contudo, embora existam relatos de resposta do milho de segunda safra à adubação nitrogenada de cobertura (MAR et al., 2003), perdas que ocorrem, principalmente, por volatilização podem reduzir a eficiência da adubação nitrogenada, especialmente quando a fonte utilizada é a ureia e a aplicação é realizada em época em que a ocorrência de chuvas é irregular, como é o caso do cultivo de segunda safra, na região Centro-Oeste.

As perdas por volatilização quando se utiliza o sulfato de amônio não são grandes (LARA CABEZAS et al., 2008), porém, essa fonte normalmente apresenta um custo por unidade de nitrogênio muito superior à ureia (SORATTO et al., 2010). De acordo com este autor, a produtividade de grãos do milho 2ª safra foi maior quando o nitrogênio em cobertura foi fornecido na forma de sulfato de amônio, em comparação com a ureia.

Diante do exposto, esta dissertação compreende dois capítulos, em que o primeiro capítulo teve como objetivo avaliar a produtividade do milho e da soja sob influência do consórcio entre milho e *Brachiaria* com aplicação de diferentes fontes de nitrogênio. No segundo capítulo avaliou-se as alterações dos atributos químicos de um Latossolo após nove anos consecutivos do sistema de cultivo em consórcio de milho com *Brachiaris* sob diferentes fontes de nitrogênio em adubação de cobertura.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A cultura da soja**

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (FAO, 2014), estando atrás apenas dos Estados Unidos, posição assumida a partir de 1974 quando atingiu um total de 7,87 milhões de toneladas. Entretanto, no ano agrícola de 2013/2014 o Brasil produziu 85,656 milhões de toneladas em uma área de 30,135 milhões de hectares. Mesmo sendo responsável por aproximadamente 23,5% da área mundial de soja, seu cultivo no Brasil ocupa apenas 2,84% do território (CONAB, 2014). A produção brasileira de soja tem apresentado grande crescimento, favorecido pelo aumento da área de cultivada, e também pelo aumento de produtividade (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

A região Sul, entre 1960 e 1970, foi considerada a produtora majoritária de soja do país, sobretudo no Rio Grande do Sul e Paraná, ainda hoje grandes produtores. Porém, atualmente, já perderam em volume para o Mato Grosso, que é agora o maior produtor nacional, com uma produção de 26,442 milhões de toneladas na safra de 2013/2014.

O potencial produtivo da soja é determinado pela interação entre o genótipo e o ambiente de produção. Na busca pela máxima eficiência produtiva o sistema plantio direto (SPD) se apresenta como um grande aliado visto que seu manejo conservacionista apresenta inúmeras vantagens, como o aumento nos teores de matéria orgânica do solo (SALTON et al., 2005), diminuição nos efeitos sobre a compactação do solo (STONE e GUIMARÃES, 2005) melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos (FLORES, 2008) e consequentemente maior produtividade (COSTA et al., 2014).

### **2.2. A cultura do Milho**

A economia do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo (CONAB, 2014).

A região Centro-Oeste tem maior participação na produção de milho do país (31.116,3 milhões de toneladas), sendo Mato Grosso o estado que mais produz (15.610,4 milhões de toneladas). O Mato Grosso do Sul ocupa a terceira posição no *ranking* dos maiores produtores de milho da região Centro-Oeste, com área e produção média de 4.805 milhões de hectares e 6.576,4 milhões de toneladas, respectivamente vale ressaltar que 78% dessa produção é colhida no milho de segunda safra (CONAB, 2014). O milho 2ª safra constitui-se uma atividade lucrativa que tem recebido uma maior atenção por parte dos produtores e também pelos pesquisadores.

Apesar do aumento na produção, esse cultivo ainda carece de melhorias no sistema de produção, pois é fortemente influenciado por fatores climáticos. O cultivo de milho 2ª safra é bastante empregado no Cerrado brasileiro, em sucessão a cultura da soja. Uma modalidade que está ganhando espaço é o consórcio de milho 2ª safra com forrageiras, dentre elas a *Brachiaria ruziziensis*, que devido à sua alta relação C/N proporciona maior persistência dos resíduos sobre o solo de forma que seus resíduos podem favorecer o cultivo da soja em sucessão.

Assim, a relação C/N das culturas em uma rotação influencia na taxa de mineralização de resíduos orgânicos, influencia na imobilização e na liberação de nitrogênio ao solo. A decomposição é inversamente proporcional ao teor de lignina e à relação C/N de resíduos vegetais ou sejam, quanto maior a relação C:N, mais lenta será a decomposição dos resíduos depositados na superfície, e conseqüentemente menos N-mineral disponível às plantas. Desta forma, ressalta-se que conhecimento da relação C/N é importante no uso e estágio de decomposição dos resíduos orgânicos (CAMPOS, 2004).

### **2.3. Consórcio Milho – *Brachiaria***

Atualmente, sistemas mistos de exploração de lavoura e pecuária têm chamado a atenção pelas vantagens que apresentam em relação aos sistemas isolados de agricultura ou de pecuária. A integração lavoura-pecuária pode ser definida como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades de agricultura e de pecuária dentro da propriedade rural de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema sinérgico em que há benefícios para ambos, possibilitando ainda, como uma

das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano ou, na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem (ALVARENGA, 2004).

O sistema plantio direto com a rotação e/ou consorciação lavoura/pastagem estabelece novas bases na sustentabilidade agrícola, com grandes benefícios em áreas onde se associem culturas agrícolas anuais com pastagens e a presença de animais em pastejo. A pastagem, além de manter o solo coberto, permite que ocorram adição e aumento no teor de matéria orgânica no solo, sendo um ponto favorável dessa combinação (CARVALHO et al., 2005).

O cultivo em consórcio é um sistema em que, numa mesma área, são implantadas duas ou mais espécies, convivendo juntas, em parte ou em todo seu ciclo (PORTES et al., 2003). As inter-relações entre as espécies em consórcio podem ser de inibição mútua, cooperação mútua (complementaridade temporal ou espacial) ou de compensação, já que as plantas são morfológica e fisiologicamente plásticas na sua resposta ao ambiente (KROPFF e LOTZ, 1993). Logo a interferência de uma espécie sobre a outra deve ocorrer diante de inibição mútua ou uma interação de compensação.

As principais vantagens apresentadas em consórcios culturas anuais com forrageiras são: a manutenção das propriedades físicas e químicas do solo, quebra do ciclo de doenças e pragas, redução na população de plantas daninhas, redução do uso de defensivos agrícolas e aumento da rentabilidade do agricultor. Além dessas vantagens, as forrageiras podem ser utilizadas na pecuária extensiva ou na formação de resíduos vegetais para o sistema plantio direto (OLIVEIRA et al., 2001).

Em áreas de lavoura com solos devidamente corrigidos, foi preconizado o sistema consorciado de culturas graníferas com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, o qual apresenta grandes vantagens, pois, na maioria dos casos, pouco altera o cronograma de atividades do produtor, é de baixo custo e não exige equipamentos especiais para sua implantação (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

O consórcio de culturas produtoras de grãos e forrageiras tropicais é possível graças ao diferencial no tempo e no espaço, no acúmulo de biomassa entre as espécies. As *Brachiaris* apresentam-se como grandes produtoras de biomassa total e residual, apresentando boa palatabilidade e alta relação C/N, que tornam esta

espécie uma boa opção para compor sistemas de rotação lavoura-pecuária (MENEZES e LEANDRO, 2004; NOCE et al., 2008).

Entre as modalidades de integração lavoura-pecuária utilizadas no Brasil, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, como *Brachiaria brizantha* que, devido à sua alta relação C/N, possibilita a longevidade da cobertura do solo. Em relação à forrageira do consórcio, as espécies do gênero *Brachiaria* mais utilizadas em sistemas de integração lavoura-pecuária são a *B. brizantha* e a *B. decumbens*. Essas forrageiras são as mais cultivadas no país, substituindo pastagens nativas, cujas baixas taxas de proteína bruta e produtividade são responsáveis por perdas de peso animal, principalmente na estação seca (GARCIA et al., 2004).

Ceccon (2008) observou que o consórcio entre duas espécies busca unir benefícios como o aproveitamento das máquinas utilizadas na implantação da cultura de rendimento econômico para a implantação de culturas intercalares, que podem ser dessecadas para fornecimento de resíduos vegetais para o cultivo subsequente em sistema plantio direto, ou ainda podem ser utilizadas para pastoreio com subsequente cultivo. Este autor observou que nas condições de Cerrado, o consórcio de milho + *Brachiaria ruziziensis* tem se mostrado como uma alternativa na redução dos custos de implantação dos pastos e a produção de forragem de melhor qualidade.

De modo geral, se o manejo adequado não for adotado durante o consórcio, é provável que haja redução no rendimento dos consórcios em função da competição por água, luz e nutrientes. De acordo com Borghi et al. (2006), o plantio de *Brachiaria* na linha e na entrelinha do milho promoveu redução nos teores foliares de nitrogênio, quando comparado ao plantio de outras forrageiras apenas na linha ou na entrelinha do milho.

Borgh e Crusciol (2007) avaliaram a produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema plantio direto. Os autores concluíram que a modalidade de consórcio e o espaçamento utilizado não comprometem a absorção de nitrogênio, nem pelo milho nem pela forrageira. A produtividade de grãos de milho, no espaçamento de 0,45 m, é menor com o consórcio da *Brachiaria* na linha mais entre linhas.

Portes et al. (2003) observaram que a competição e o sombreamento praticado pelo milho afetaram o crescimento, o perfilhamento e a produtividade da forrageira de *B. brizantha* até a colheita do milho. Todavia, Cobucci et al. (2001)

relataram que, em vários ensaios sobre o consórcio de *B. brizantha* com milho, a presença da forrageira não afetou essa cultura; em outros ensaios, foi necessário o uso do herbicida nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira e, com isso, garantir o bom rendimento da cultura.

A produção de milho 2ª safra (implantado no período de janeiro a março) tem-se mostrado de grande importância econômica e é cultivado predominantemente na região Centro-Oeste (DUARTE, 2004). O milho 2ª safra é cultivado em um ambiente peculiar, com menor disponibilidade de água e calor, em comparação ao milho verão. O consórcio vem sendo bem sucedido nas regiões onde se cultiva o milho 2ª safra, nas quais predomina o sistema plantio direto e a sucessão com a soja, sem rotação de culturas. O solo fica em pousio entre a colheita do milho e a semeadura da soja, favorecendo a decomposição dos resíduos vegetais e o desenvolvimento de plantas invasoras.

O sucesso desses sistemas no Cerrado se deve ao fato de que os resíduos vegetais acumulados pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporcionam um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (SANTOS et al., 2008). Portanto, a presença de uma boa cobertura do solo é importante para promover melhoria das condições físicas e químicas em médio prazo e contribuir com a produção e o desenvolvimento das plantas (CHIODEROLI et al., 2012).

O consórcio de milho 2ª safra e plantas forrageiras permite, além de diversificação das espécies cultivadas, a maximização da ciclagem de nutrientes. Outro aspecto importante do sistema é a melhoria esperada na qualidade do solo. Os resultados de pesquisas envolvendo o cultivo consorciado de milho com espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* demonstram a viabilidade deste sistema de produção.

O arranjo das plantas consorciadas é importante para a formação eficiente da pastagem. A semeadura de duas linhas da forrageira, na entrelinha do milho espaçado de 1,0 m, proporcionou melhor produção da forrageira se comparada à semeadura a lanço, quando feita na época da adubação nitrogenada (FREITAS et al., 2005). Entretanto, Reis (2010) obteve boa formação da pastagem com semeadura a lanço na entrelinha do milho espaçado de 0,60 m, isso porque a semeadura da forrageira ocorreu na mesma época do milho.

## 2.4. Sucessão Milho-Soja

Devido à viabilidade econômica e aos benefícios agrônômicos associados à rotação de culturas, como aumento dos resíduos culturais, redução de pragas e doenças, além de permitir melhor aproveitamento dos insumos agrícolas, os produtores têm investido em tecnologias para o cultivo do milho 2ª safra (PEREIRA et al., 2009). A introdução da cultura do milho como alternativa para sucessão de culturas com a soja torna-se importante, por promover incorporação de cobertura vegetal e pelo benefício que o nitrogênio residual da soja pode proporcionar às culturas (MASCARENHAS et al., 2002).

A sucessão de cultivos distintos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas. Contribuem também com a conservação do solo e da água, promovendo, principalmente, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água no solo, permitindo uma maior penetração das raízes (ARF et al., 1999).

Segundo Cecconet al. (2013), a produtividade de soja ao final da temporada da produção de grãos subsequentes a do milho, foram superiores quando esta cultura estava consorciado com *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e, ainda, os mesmos autores destacaram que o consorcio do milho no final da temporada com *Brachiaria* spp. ou *Panicum* spp. aumentou a produção de resíduos de culturas, sem reduzir a produtividade de grãos de milho, e pode, portanto, ser considerada uma opção viável para aumentar a sustentabilidade do plantio direto em sistemas de cultivos em solos tropicais.

## 2.5. Matéria orgânica e atributos químicos do solo

O uso intensivo e inadequado dos solos acelera a degradação da matéria orgânica, principal componente da fertilidade dos solos. Os métodos de preparo do solo empregados, nem sempre estão adequados às condições específicas de cada região. Aliado a isto, fatores como ausência de cobertura vegetal e manejo inadequado dos resíduos vegetais têm contribuído, decisivamente, para que ocorra o desencadeamento e aceleração dos processos erosivos nestas áreas (MEDEIROS et al., 1994).

Estudos relacionados com a sustentabilidade de sistemas de produção agropecuária têm enfatizado a importância das práticas de manejo nas propriedades biológicas e bioquímicas do solo. Neste contexto, o teor e a dinâmica da matéria orgânica constituem-se nos atributos que melhor representam a qualidade do solo, podendo ser alterados com as práticas de manejo adotadas (MERCANTE, 2001).

Em sistemas agrícolas, segundo Leite et al. (2003), a dinâmica da matéria orgânica (MO), além de ser influenciada pelo manejo de culturas e preparo do solo, também é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que influenciam positivamente nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo. Sendo assim, as espécies utilizadas para cobertura do solo deverão possuir determinados atributos, tais como, produzir grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, resistência à seca e ao frio, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, elevada capacidade de reciclar nutrientes, fácil produção de sementes e relação C/N maior que 30, entre outros (EMBRAPA, 2000).

O pH é um atributo químico indicador das alterações nos processos do solo que implicam na disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas. A capacidade do solo em manter os elementos essenciais disponíveis às plantas é governada pela capacidade de troca de cátions (CTC), ou seja, quantidade total de cátions retidos nos coloides minerais e orgânicos do solo (CHAVES et al., 2004).

A acidez do solo limita a produção agrícola das culturas devido aos baixos teores de cátions básicos, principalmente cálcio (Ca), e à alta toxicidade por alumínio (Al), afetando diretamente o crescimento radicular e absorção de água e nutrientes pelas plantas (TANG et al., 2003). Normalmente a correção da acidez é feita com aplicação de calcário, mas em solos sob sistema plantio direto (SPD) a aplicação deste corretivo é realizada na superfície, sem incorporação. Assim sendo, a correção de camadas superficiais do solo é mais rápida e eficiente se comparada com a correção de camadas do subsuperfície, principalmente em solos com cargas variáveis (ERNANI et al., 2004).

## **2.6. Adubação Nitrogenada**

Devido à alta exigência de nitrogênio, o milho é uma cultura que responde à aplicação da adubação nitrogenada com incremento em várias características que influenciam a produção final (DAROS et al., 2003). Entretanto, as

respostas encontradas estão relacionadas às características inerentes às cultivares utilizadas, às condições de uso do solo e de clima, ao manejo da cultura, do suprimento de nitrogênio do solo e das doses de nitrogênio aplicadas (MUCHOW e SINCLAIR, 1994).

O nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade por várias culturas inclusive o milho. Sua importância é conhecida pelas funções exercidas no metabolismo das plantas, participando como constituinte de proteínas, enzimas, ácido nucléicos, fitocromos, moléculas de clorofila, dentre outras, além de ser considerado um dos fatores mais relevantes para o aumento da produção (BULL, 1993; MARSCHNER, 1995). Esse elemento provém do ar atmosférico, no caso da maioria das leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

A assimilação dos nutrientes, mais especificamente o nitrogênio, necessita de uma série de reações químicas e biológicas, que estão entre as reações de maior quantidade energética dos organismos vivos. Sabe-se que, na assimilação do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o nitrogênio desse composto é reduzido a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e, então, em uma forma ainda mais energética, o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), e finalmente em nitrogênio-amida da glutamina. Plantas como as leguminosas, por exemplo, estabelecem uma relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, para converter o nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) em amônia ( $\text{NH}_3$ ), que é o primeiro produto estável no processo natural de fixação; entretanto, em pH fisiológico, a amônia age em nível atômico para formar o íon amônio -  $\text{NH}_4^+$  (TAIZ e ZEIGER, 2004).

No sistema solo-planta de um agroecossistema as principais formas de adição de nitrogênio podem ser caracterizadas como sais de amônio e nitratos trazidos pela precipitação pluviométrica; aplicação de fertilizantes nitrogenados, obtidos através da fixação industrial do  $\text{N}_2$  atmosférico pelo homem; aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal ou vegetal; fixação biológica do  $\text{N}_2$ , realizada por microrganismos, de forma simbiótica e assimbiótica (SILVA, 2005).

Esse nutriente influencia a taxa de emergência, de expansão e duração da área foliar, conseqüentemente, atua na interceptação da radiação fotossintética ativa, bem como no uso eficiente desta e nos seus efeitos sobre a taxa fotossintética e a produção de biomassa seca (SINCLAIR e HORIE, 1989; UHART e ANDRADE, 1995). Conseqüentemente, folhas bem nutrida de nitrogênio têm capacidade de

assimilar  $\text{CO}_2$  e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior acúmulo de biomassa seca e maior rendimento de grãos. Por esses motivos, sua deficiência causa sérios distúrbios em plantas de milho, culminando na formação de espigas de tamanho reduzido, com grãos mal formados, e redução no teor de amido e proteínas (FERREIRA, 1997).

Assim como no milho, o nitrogênio é o principal macronutriente limitante da produtividade das pastagens, principalmente aquelas formadas por espécies do gênero *Brachiaria*. A adubação nitrogenada, mediante o fornecimento de nitrogênio prontamente disponível às plantas, tem revelado significativa influência sobre diversos parâmetros quantitativos e qualitativos inerentes ao manejo das pastagens (RUGGIERI et al., 1995). As fontes nitrogenadas mais utilizadas são a ureia e o sulfato de amônio. Ambas estão sujeitas a perdas de nitrogênio no solo, por lixiviação, escoamento superficial, volatilização da amônia e pela imobilização na biomassa microbiana (ALVA et al., 2005).

Contudo vale salientar que a ureia tem grande poder de volatilização ocorrendo especialmente quando a aplicação é realizada sobre a superfície do solo ou sobre a palhada, o que pode provocar grandes prejuízos, já que a ureia representa aproximadamente 50% de todo fertilizante nitrogenado utilizado no Brasil (PEREIRA et al., 2009). A volatilização de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ), originado da ureia, resulta da alcalinização da solução próxima ao grânulo durante sua hidrólise, catalisada pela enzima urease pela formação de íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) (VITTI et al., 2002). A elevação do pH da solução do solo poderá alcançar valores iguais a 10 favorecendo a transformação de  $\text{N-NH}_4^+$  em  $\text{N-NH}_3$  e a perda na forma de gás para a atmosfera. Outro aspecto negativo da ureia é a fitotoxidez de biureto (um contaminante) (CANTARELLA, 2007).

O sulfato de amônio, fertilizante utilizado como fonte de nitrogênio e de enxofre, possui algumas vantagens tais como, sofre pouca volatilização de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) quando o pH é inferior a 7, mesmo sendo aplicado sobre restos de cultura (URQUIAGA, 1989); o Nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) é prontamente absorvido pelo milho; Enxofre na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) também é prontamente absorvido pelo milho, este nutriente é de fundamental importância para os processos de fotossíntese, respiração, composição de aminoácidos e proteínas; pode ser utilizado isoladamente ou em fórmulas NPK e NK e possui baixa higroscopicidade. Contudo sulfato de amônio apresenta 21% de N na forma

amoniaco, é bastante solúvel acelerando o processo de perdas (LARA CABEZAS e SOUZA, 2008).

Considerando tal característica do sulfato de amônio, verificou-se que a recuperação de nitrogênio é mais eficiente quando a aplicação de ureia é realizada em mistura com sulfato de amônio no mesmo grânulo (VILLAS BÔAS, 1995). De acordo com Vittiet al. (2002), a mistura de ureia com sulfato de amônio, na proporção de 1,1:1, reduziu as perdas de amônia sem afetar a qualidade da mistura em relação aos atributos físico-químicos. De acordo com Lara Cabezas et al. (2004) a aplicação do sulfato de amônio, independentemente da época de aplicação (pré-semeadura e cobertura), proporcionou maior produtividade de grãos de milho, em relação à aplicação da ureia.

De acordo com Soratto et al. (2010), a produtividade de grãos do milho 2ª safra foi maior quando o nitrogênio em cobertura foi fornecido na forma de sulfato de amônio, em comparação com a ureia.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA, A. K.; PARAMASIVAMB, S.; FARESC, A.; DELGADOD, J. A.; MATTOS JRE, D.; SAJWAN K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement, Binghamton**, v.15, p.369-420, 2005.

ALVARENGA, R. C. Integraçãolavoura–pecuária.In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE. 3. 2004, Belo Horizonte: **Anais...** UFMG, 2004. CD ROM.

ANDRADE, A.C.;FONSECA, D.M.; QUEIROZ, D.S.; SALGADO, L.T.; CECON, P.R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetumpurpureum*Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição especial, p. 1643-1651, 2003.

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.58, p.323-334, 1999.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; CENTURION, M.A.P.C.; LEONEL, C.L.;FREDDI, O.S. Soil compaction by machine traffic and least limiting water range related to soybean yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p. 1591-1600, 2008.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiariabrizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.163-171, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Energia na Agricultura**, v.21, p.19-33, 2006.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Informações Agronômicas**. Piracicaba: Potafos, 1993, p.63-145.

CAMPOS, A.X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do Cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 131p.Tese de Doutorado (Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz). Piracicaba-SP, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.;ALVAREZ V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, G.G.P. Integração agricultura-pecuária: um enfoque sobre cobertura vegetal permanente. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.5, p.1-19, 2005.

CECCON, G. **Milho safrinha com braquiária em consórcio**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 7p. (Comunicado Técnico, 140)

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, p.27-48.

CHAVES, L.H.G.; TITO, G.A.; CHAVES, I.B.; LUNA, J.G.; SILVA, P.C.M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.431-437, 2004.

CHIODEROLI, C.A.; MELLO, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, J.O.R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.37-43, 2012.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: Workshop internacional programa de integração agricultura e pecuária para o desenvolvimento sustentável das savanas sulamericanas, 2001, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.125-135. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_04\\_09\\_10\\_27\\_26\\_boletim\\_raos\\_abril\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_27_26_boletim_raos_abril_2013.pdf)>. Acesso em: 20 de dezembro 2014.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J.C.; CAVASANO, F.A.; ULIAN, N.de A.; PARIZ, C.M.; SANTOS, F.G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Agrária**, v.9, p.166-173, 2014.

DA ROS, C. O.; SALET, R.L.; PORN, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, p.799-804, 2003.

DUARTE, A.P. Milho safrinha: Características e sistemas de produção. In: Galvão, J.C.C.; Miranda, G.V. (Eds.). **Tecnologias de produção de milho**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. p.109-138.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil - 2000/01**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 2000. 245 p. (Documentos, 146).

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.F.S.; BAYER, C. Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acid soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.35, p.889-901, 2004.

FAO, **Food and Agriculture Organisation of The United Nations**. 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

FERREIRA, A. C. B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade dos grãos e concentração de nutrientes no milho.**1997. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema integração lavoura-pecuária submetidos a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2385-2396, 2008.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; AGNES, E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, p.49-58, 2005.

GARCIA, R.; ROCHA, F.C.; BERNARDINI, F.S.; GOBBI, K.F. Forrageiras utilizadas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. eds. **Manejo integrado: Integração agricultura-pecuária.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 331-352.

GILIOLI, J.L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O.P.; MOURA, E.A.V.; PEREIRA, W.V. 1995. **Soja: Série 100.** FT Sementes, Cristalina, Goiás. 18 p. (Boletim Técnico 3).

HIRAKURI, M.H.; LAZZAROTO, J.J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro EMBRAPA, 2014. 68p.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 63 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 188).

KROPFF, M.J.; LOTZ, L.A.P. Empirical models for crop-weed competition. In: KROPFF, M.J.; VAN LAAR, H.H. **Modeling crop-weed interactions Wallingford:** CAB International/ International Rice Research Institute, 1993. chap. 2, p. 9-24.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. de. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005-1013, 2004.

LARA CABEZAS, W.A.R.; SOUZA, M.A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de ureia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.2331-2342, 2008.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A.; GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolos sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.821-832, 2003.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, v.62, p.267-274, 2003.

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

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; WUTKE, E.B. Cultivo de cereais e cana-de-açúcar após soja: economia de adubo nitrogenado. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, 2002. 2p.

MEDEIROS, G.B.; CALEGARI, A.; GAUDÊNCIO, C. **Rotação de culturas**. Paraná, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo. 2. ed. Curitiba: SEAB, 1994. 372 p.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.173-180, 2004.

MERCANTE, F.M. **Os microrganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistema de produção de grãos e pastagem**. Dourados: Embrapa Agropecuária do Oeste, dez. 2001. (Coleção Sistema Plantio Direto, 5). 15p.

MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. **Crop Science**, v. 34, p.721-727, 1994.

NOCE, M.A.; SOUZA, I.F.; KARAM, D.; FRANÇA, A.F.; MACIEL, G.M. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, p.265-278, 2008.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; FERREIRA, E. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, v.13, p. 14-18, 2001.

PEREIRA, H.S.; LEÃO, A.F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M.A.C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1685-1694, 2009.

PEREIRA, J.L.A.R.; PINHO, R.G.V.; BORGES, I.D.; PEREIRA, A.M.A.R. LIMA, T. G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 676-683, 2009.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S.I.C.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos Fisiológicos das plantas cultivadas e análise de crescimento da *Brachiaria* consorciada com cereais. In: KLATHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p.303-330.

REIS, W.F. Tratamento de sementes, densidade e método de semeadura de *Brachiaria brizantha* no consórcio milho e braquiária. 38f. Dissertação (mestrado em fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Efeitos de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição da composição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da *Brachiariabrizantha* (Hochst) Stapfcv. Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, p.222-232, 1995.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 29)

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T.; BALBINO, L.C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.115-122, 2008.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; COSTA, K.A.P.; CARDUCCI, C.E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, p.193-202, 2013.

SHIOGA, P.S.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, p.381-390, 2004.

SILVA, E.C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da uréia, do milheto e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005. 111f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na agricultura, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 2005.

SINCLAIR, T.R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, v.29, p.90-98, 1989.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2005. 15p.

SORATTO, R.P.; PEREIRA, M.; COSTA, T.A.M.; LAMPERT, V.N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.511-518, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

TANG, C.; RENGEL, Z.; DIATLOFF, E.; GAZEY, C. Response of wheat and barley to liming on a sandy soil with subsoil acidity. **Field Crops Research**, v.80, p.235-244, 2003.

UHART, A.S; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize: I - Effects on crop, growth, development, dry matter partitioning and kernel sets. **Crop Science**, v.35, p.1376-1383, 1995.

URQUIAGA, S.; VICTORIA, R.L.; BUITRÓN, F.; NEYRA, J.C. Perdas por volatilização de 15N-Uréia e 15N-sulfato de amônio num solo calcário da parte central da região costeira do Peru. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.607-613, 1989.

VILLAS BÔAS, R.L. **Recuperação do nitrogênio da uréia pelo milho: efeito da mistura com sulfato de amônio, da dose e do modo de aplicação**. 1995 128f. (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 1995.

VITTI, G.C.; TAVARES, J.E.; LUZ, P.H.C.; FAVARIN, J.L.; COSTA, M.C.G. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.663-671, 2002.

## CAPITULO 1

### **PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO EM SUCESSÃO AO CONSORCIO MILHO COM *Brachiaria brizantha* cv.Marandu ADUBADO COM DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO**

#### **RESUMO**

Nos cultivos consorciados, a competição entre as espécies pelos recursos do meio pode inviabilizar o sistema. Entretanto, existem diversos relatos na literatura que sucessão de cultivos distintos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a produtividade do milho solteiro e consorciado com *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, sob a influência de diferentes fontes de nitrogênio em cobertura, e avaliar a produção da cultura da soja em sucessão durante os anos agrícolas de 2005 a 2013. O experimento foi implantado no município de Maracaju-MS, em um Latossolo Vermelho Distroférico. Os fatores estudados foram: o milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e milho solteiro; e o uso de fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, Ureia, Ureia + Sulfato de Amônio e Sulfato de Amônio) em cobertura, arrançados em esquema fatorial 2 x 4, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. O consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu não influencia as produtividades do milho desde que se utilize a quantidade adequada de sementes da forrageira. As fontes de nitrogênio nas doses utilizadas proporcionaram aumento de produtividade no milho de segunda safra em sucessão à soja nos anos de 2005, 2006, 2011 e 2012, sendo que a adubação nitrogenada em cobertura proporciona maior efeito sobre a produtividade do milho em anos com baixa disponibilidade hídrica. A produtividade da soja sobre os resíduos vegetais do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporciona ganhos em média de 331,5 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Plantio direto, *Zeamays*, *Glycinemax*, fontes de nitrogênio, produtividade de grãos.

**SOYBEAN PRODUCTIVITY IN PLANTING SYSTEM IN DIRECT  
ELECTIONS TO THE CONSORTIUM WITH CORN *Brachiaria brizantha* cv.  
Marandu FERTILIZED WITH DIFFERENT NITROGEN SOURCES**

**ABSTRACT**

In intercropping, competition between species by means of the resources can cripple the system. However, there are several reports in the literature that succession of different crops helps to maintain the balance of nutrients in the soil and increasing their fertility, besides allowing better use of agricultural inputs. In this context, the aim of this study was to evaluate the single corn productivity and intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, under the influence of different sources of nitrogen in coverage, and evaluate the production of the soybean crop cultivation for the crop years 2005 to 2013. The experiment was established in the municipality of Maracaju-MS, in Oxisol. The factors studied were: corn intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and single corn; and the use of nitrogen sources (without nitrogen, urea, urea + ammonium sulphate and ammonium sulphate) in coverage, arranged in a factorial 2 x 4, in a randomized block design with four replications. The corn intercropping with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu does not influence the yield of corn is used since the proper amount of fodder seeds. The nitrogen sources in the doses provided increased productivity in corn second crop in succession to soybeans in the years 2005, 2006, 2011 and 2012, and the nitrogen fertilization provides greater effect on the productivity of maize in years water availability. Soybean yield on plant residues of maize intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu provides earnings on average of 331.5 kg ha<sup>-1</sup>.

**Key-words:**No-tillage, *Zea mays*, *Glycine max*, nitrogen sources, grain yield.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda crescente por alimentos concomitantemente à preservação do meio ambiente exige soluções que permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico, sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. Assim sendo, a integração lavoura-pecuária tem sido apontada como alternativa viável (TSUMANUMA, 2004).

Entre as modalidades de integração lavoura-pecuária utilizadas no Brasil, destaca-se o cultivo consorciado de culturas de grãos, como exemplo o milho, em virtude de maior competição, com espécies forrageiras tropicais, como *Brachiaria brizantha* que, devido à sua alta relação C/N, possibilita a longevidade da cobertura do solo. A soja tem sido incluída posteriormente na rotação, aproveitando assim os benefícios residuais presentes no solo.

As principais vantagens apresentadas em consórcios de gramíneas com forrageiras são: a manutenção das propriedades físicas e químicas do solo, quebra do ciclo de doenças e pragas, redução na população de plantas daninhas, redução do uso de defensivos agrícolas, aumento da rentabilidade do agricultor. O consórcio de milho 2<sup>a</sup> safra com uma linha intercalar de *Brachiaria* representa uma importante alternativa para produção de matéria orgânica, por aumentar o aporte de resíduos vegetais e, assim, proporcionar maior retorno econômico na sucessão soja milho de segunda safra (CECCON, 2007). De acordo com Ceconet al. (2013) a rotação de culturas distintas contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas.

A produtividade da soja cultivada sobre resíduos culturais deixados pelas culturas antecessoras (milho consorciado com *Brachiaria*) pode resultar em aumento de produtividade da cultura (CARVALHO et al., 2004). De acordo com Veronese et al. (2012) a utilização de *Brachiaria* no sistema de produção agrícola aumenta a produtividade de grãos de soja. Porém Garcia et al. (2014) não constataram efeito do consórcio de milho com forrageiras do gênero *Panicum* e *Brachiaria* e adubação nitrogenada antecessora na maioria dos componentes de produção e produtividade de soja em sucessão no sistema plantio direto.

No sistema de integração lavoura-pecuária alguns pontos ainda geram dúvidas, entre eles, está à definição da dose e da fonte ideal de nitrogênio em cobertura a ser utilizada no milho de segunda safra. Estudos indicam que a adubação nitrogenada realizada no milho de segunda safra pode influenciar sua produtividade, visto que o nitrogênio é um nutriente que possui papel essencial em diversos processos fisiológicos do milho (ANDRADE et al., 2003). De acordo com Soratto et al. (2010) as incertezas climáticas, especialmente a disponibilidade hídrica, e a implantação da cultura em sucessão à soja são os principais fatores associados à dificuldade em definir a dose ideal.

As fontes de nitrogênio, por sua vez, podem influenciar na produtividade do milho de segunda safra, em função dos fertilizantes apresentarem comportamento diferenciado quando aplicado ao solo, podendo apresentar maior ou menor perda de nitrogênio quando aplicados. De acordo com Cantarella (2007) a ureia pode proporcionar menor eficiência no suprimento de nitrogênio às culturas quando aplicado na superfície do solo, devido as maiores perdas de nitrogênio por volatilização, já o sulfato de amônio quando aplicado em solo com pH inferior a 7,0, resultada em perdas mínimas de nitrogênio, no entanto, as perdas por lixiviação são maiores.

Lara Cabezas et al. (2005) estudando a imobilização de nitrogênio da ureia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto constataram que a aplicação do sulfato de amônio, independente da época de aplicação (pré-semeadura e cobertura) proporcionou acréscimos significativos na produtividade do milho, em torno de 847 kg ha<sup>-1</sup> quando comparado com à aplicação de ureia. No entanto, Souza et al. (2011) não constataram diferença entre as fontes sulfato de amônio e ureia para a produtividade de milho de segunda safra.

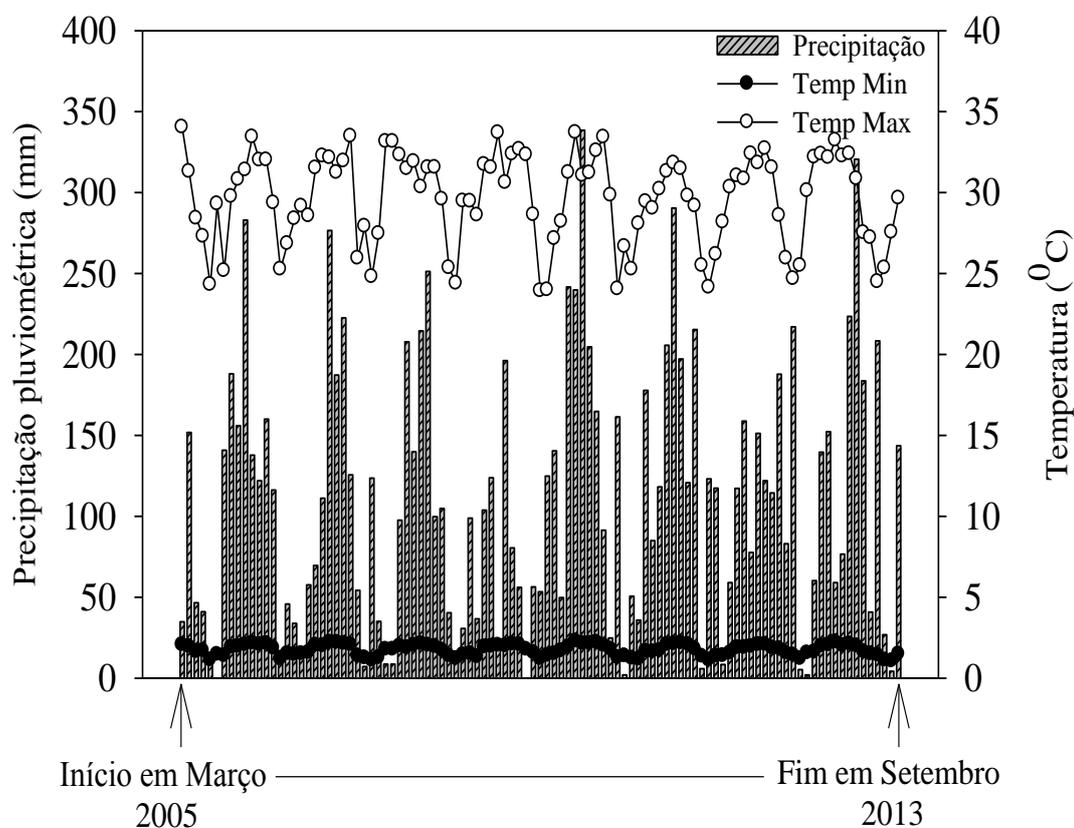
Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da soja e milho solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função de fontes de nitrogênio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Estetrabalho foi conduzido em um experimento de longa duração no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul, localizado nas coordenadas 21°38'17,04'' S e 55°9'14,07'' W com 405 metros de altitude. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O clima da região é tropical úmido, com chuvas no verão e com seca no inverno, classificado como Aw segundo a classificação de Köppen (1948), com temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1500 a 1750 mm. Os dados de temperatura e precipitação pluvial durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação pluvial e temperatura mínima e máxima ocorrida durante a condução dos experimentos (2005 a 2013), Maracaju, MS.



Antes da instalação do experimento em 2005 foram coletadas amostras de solo para caracterização química da área em estudo. Os dados dos atributos químicos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos iniciais do solo. Maracaju-MS.

	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5.05	4.79
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	34.20	22.97
P (mg dm <sup>-3</sup> )	31.49	5.10
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0.79	0.22
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3.90	3.10
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1.0	0.65
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3.10	4.54
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0.19
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5.69	3.97
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10.23	7.07
SB (%)	56.15	55.61
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	390	
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	310	
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	300	

Em janeiro de 2005, trinta dias antes da semeadura do milho, aplicou-se 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. A calagem e a gessagem foram realizadas ao mesmo tempo e a lancha sem incorporação. Utilizou-se o delineamento fatorial 2 x 4, totalizando 8 tratamentos (Tabela 2), sendo dois fatores estudados: tipo de cultivo (com ou sem *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, Ureia, Ureia + Sulfato de Amônio e Sulfato de Amônio) arranjados em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais possuíam a dimensão de cinco metros de largura por doze metros de comprimento, totalizando 60 m<sup>2</sup> de área cultivada.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos em relação ao fator consórcio e as fontes de N.

Tratamento	Fonte de nitrogênio	Dose kg ha <sup>-1</sup>	<i>Brachiaria</i>
1	Testemunha	-	Sem
2	Testemunha	-	Com
3	Ureia	89	Sem
4	Ureia	89	Com
5	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Sem
6	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Com
7	Sulfato de amônio	190	Sem
8	Sulfato de amônio	190	Com

O cultivo foi realizado da seguinte forma: primeiramente semeava a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Percentual de Valor Cultural =75%) nas parcelas com o consórcio. Todas as parcelas receberam a mesma quantidade de sementes de *Brachiaria* (kg ha<sup>-1</sup>), na profundidade de 2 cm, com semeadora, no espaçamento de 20 cm, com a finalidade da formação de cobertura morta satisfatória. A quantidade de sementes puras viáveis de *Brachiaria* semeada junto com o milho foi ajustada em cada ano agrícola com o decorrer do experimento. No consórcio com o milho em 2005 foram utilizadas 12,6 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*, já nos anos agrícolas de 2006, 2007 e 2008 utilizou-se 6,6 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*. No ano agrícola de 2009 não foi conduzido o experimento na área, durante este ano o solo ficou em repouso. Em 2010 o experimento foi retomado utilizando 5,3 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*. Nos últimos três anos agrícolas (2011, 2012 e 2013) foram utilizados 3,3 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*.

Em seguida realizou-se a semeadura do milho de segunda safra, com a semeadora Jumil a vácuo, no espaçamento de 80 cm. Todas as parcelas receberam no sulco de plantio 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 12-15-15. Em cada ano agrícola foi utilizado na área experimento o mesmo híbrido de milho.

As sementes de milho foram tratadas com 150g/L de imidaclopid + 450 g/L de tiocarbe, além disso, foram realizadas aplicações com inseticidas e fungicidas para o controle de pragas e doenças, respectivamente. O nitrogênio, em cobertura, foi aplicado no estágio V4 da cultura do milho, totalizando 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cada safra de milho.

Após a colheita do milho foi realizada a dessecação para a semeadura da soja. A dessecação era realizada em duas etapas: a primeira era realizada trinta dias antes do plantio, onde era aplicado 1440 g/L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de glifosato-sal

de isopropilamina +576 g/L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de 2,4-D-dimetilamina, a segunda era realizada vinte dias após a primeira onde era aplicado 720 g/L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de glifosato-sal de isopropilamina.

A semeadura da soja era realizada com semeadora específica, no espaçamento de 45 cm e realizada adubação com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 00-20-20, no sulco de plantio. As sementes foram tratadas utilizando (g i.a./50 kg de sementes) com 25 g/L de fipronil, 2,5g/L de piraclostrobina, 22,5 g/L de thiophanatemethyl, 1,45 g L<sup>-1</sup> de cobalto e 25,4 g L<sup>-1</sup>.

As sementes de soja foram inoculadas 45 minutos antes da semeadura com inoculante a base de turfa, contendo as bactérias *Bradyrhizobium elkanii* (Estirpe Semia 5019) e *Bradyrhizobium japonicum* (Estirpe Semia 5079), com concentração mínima de 5x10<sup>9</sup> células viáveis por grama de inoculante, na dosagem de 100 g de inoculante em 50 kg de semente de soja.

Foram analisadas as produtividades do milho e da soja em cada parcela experimental. A determinação das produtividades foi realizada coletando de forma manual as plantas dentro do espaço compreendido por 0,50 m x 4,00 m, totalizando 2 m<sup>2</sup>; posteriormente foram trilhadas para obtenção dos grãos e determinado a umidade e a massa produzida em cada parcela. Em seguida, foi realizado o cálculo de produtividade em kg ha<sup>-1</sup> com correção de umidade a 13% em base úmida.

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio de análises de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa computacional ASSISTAT.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interações significativas entre fontes de nitrogênio (FN) e tipo de cultivo (TC) (FN x TC) foram observadas apenas nos anos de 2005, 2010 ( $p \leq 0,01$ ) e 2011 ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 3). Durante oito anos de cultivo do milho segunda safra, observou-se efeito significativo das fontes de nitrogênio (FN) apenas nas safras de 2005, 2006, 2011 ( $p \leq 0,01$ ) e 2012 ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para produtividade de grãos de milho segunda safra cultivado na modalidade solteiro e consorciado com *Brachiaria Brizanthacv.* Marandu em função de diferentes fontes de nitrogênio em cobertura, nos anos de 2005 a 2013. Maracaju, MS.

F.V	G.L	2005	2006	2007	2008
Blocos	3	11.550,4	-	1.018.029	62.674
Fontes de N (FN)	3	2.442.874**	617.559**	143.811 <sup>ns</sup>	141.922 <sup>ns</sup>
Tipo de cultivo (TC)	1	4.212.253**	2.038.180**	59.512 <sup>ns</sup>	456.490*
FN x TC	3	3.586.903**	102.391 <sup>ns</sup>	216.913 <sup>ns</sup>	21.673 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	155.242	74.827	114.782	80.532
C.V(%)	-	12,16	4,90	7,81	7,90
		2010	2011	2012	2013
Blocos	3	34.807	88.153	789.019	202.974
Fontes de N (FN)	3	414.487 <sup>ns</sup>	911.788**	1.367.131*	176.595 <sup>ns</sup>
Tipo de cultivo (TC)	1	135.460 <sup>ns</sup>	875.164*	369.370 <sup>ns</sup>	732.710 <sup>ns</sup>
FN x TC	3	1.084.492**	488.356*	35.836 <sup>ns</sup>	269.779 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	157.768	124.192	441.063	178.614
C.V(%)	-	7,86	5,81	11,98	11,45

\*\*; \*, <sup>ns</sup>: significativo ( $p \leq 0,01$ ), significativo ( $p \leq 0,05$ ) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

As fontes de nitrogênio ureia e sulfato de amônio não diferenciaram da testemunha (sem adubação nitrogenada) no ano agrícola de 2006. Já no ano agrícola de 2012 foram observadas maiores produtividades de milho onde se utilizou a adubação nitrogenada independente da fonte, diferindo significativamente da ausência de adubação. Tais resultados mostram que a produtividade do milho, quando semeado em sucessão à soja, pode não ser influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura, entretanto em ano seco como o de 2012 a adubação de nitrogênio em cobertura auxilia a planta na obtenção de maiores rendimentos, o que

pode ser justificado pela dificuldade em disponibilizar o N do solo para as plantas (Tabela 4).

**Tabela4.** Produtividade do milho segunda safra em função de diferentes fontes de nitrogênio, nos anos de 2006 e 2012. Maracaju, MS.

Fonte de Nitrogênio	2006	2012
Sem nitrogênio	5523,7ab	4957,5 b
Ureia	5801,2 a	5583,0ab
Ureia + Sulfato de Amônio	5193,0 b	5726,3 ab
Sulfato de Amônio	5754,0 a	5910,0 a

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

Estes resultados discordam dos obtidos por Kappes et al. (2009), que avaliaram a influência de épocas de aplicação e fontes de nitrogênio, em cobertura, no milho de segunda safra cultivado em sucessão à soja em Santa Carmem, MT, e verificaram que a produtividade de grãos foi, significativamente, superior nos tratamentos que receberam o nutriente, em relação à testemunha.

Avaliando-se o efeito das fontes de nitrogênio dentro de cada modalidade de cultivo, observa-se que a ureia + sulfato de amônio juntamente com a testemunha apresentaram maiores produtividades em 2005 no milho solteiro (Tabela 5). Menores produtividades observadas no milho consorciado em relação ao milho solteiro, nos anos avaliados, podem ser explicadas pelas altas taxas de semeadura da *Brachiaria brizantha* cv. Marandunos primeiros anos do experimento e pela grande exigência de N por ambas as espécies quando consorciadas simultaneamente, podendo haver competição pelo nutriente, e ainda por água e luz (BORGHI e CRUSCIOL, 2007), o que pode ter ocorrido no presente trabalho.

**Tabela5.** Desdobramento da interação fonte de nitrogênio x modalidade de cultivo para produtividade de grãos de milho, nos anos de 2005, 2010 e 2011. Maracaju, MS.

Fonte de Nitrogênio	2005		2010		2011	
	Solteiro	Consórcio	Solteiro	Consórcio	Solteiro	Consórcio
Sem nitrogênio	4287,0 aA	2115,0 bB	4947,0 aA	5328,0 abA	5251,5 bB	6036,0 abA
Ureia (U)	2539,5 bB	3166,5 aA	5508,0 aA	4407,0 cB	6186,0 aB	6721,5 aA
U+ Sulfato de amônio	4800,0 aA	3268,5 aB	4948,5 aA	4650,0 bcA	6327,0 aA	5962,5 bA
Sulfato de Amônio	2787,0 bA	2961,0 aA	5077,5 aA	5575,5 aA	5998,5 aA	6366,0 abA

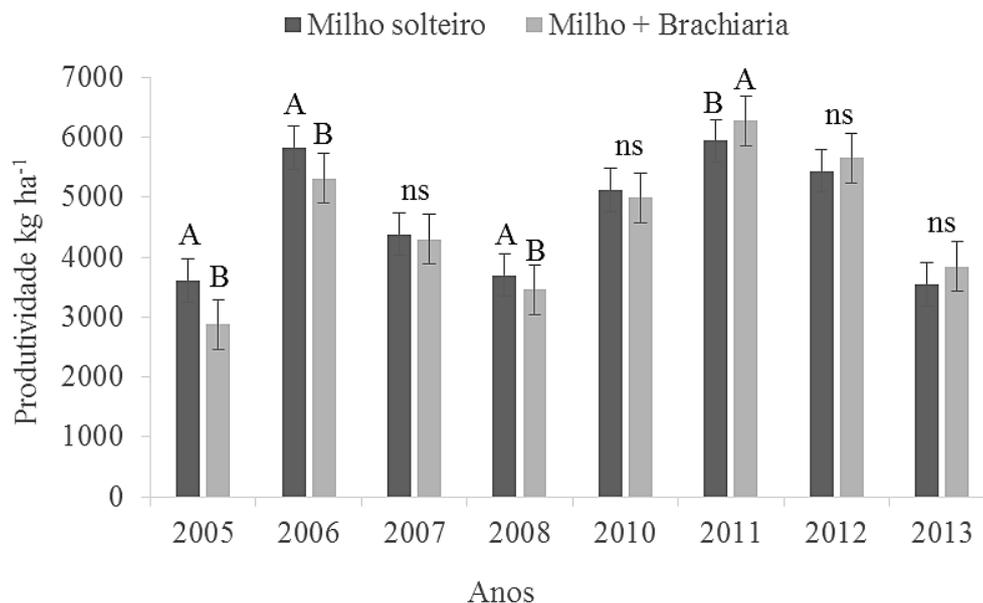
Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúscula na linha para cada ano, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

As produtividades iguais ou até mesmo superiores observadas na testemunha nos anos de 2005, 2010 e 2011 no milho solteiro, pode ser atribuído ao nitrogênio oriundo do fertilizante utilizado na semeadura e da decomposição do resíduo do cultivo da soja. Além disso, a ureia e o sulfato de amônio são fontes que apresentam baixa eficiência de utilização pelas culturas (BARBOSA et al., 2004). Pode-se inferir, também, que o plantio direto possibilita a elevação do teor de matéria orgânica do solo.

Observaram-se diferenças significativas entre a produtividade do milho solteiro e consorciado nos anos de 2005, 2006, 2008 e 2011 (Figura 2). Nos dois anos agrícolas de 2005, 2006 e 2008 o milho solteiro produziu mais que o consorciado, este resultado pode ser novamente explicado pela quantidade de sementes de *Brachiaria* semeadas junto com o milho, fazendo com que as duas culturas venham a competir por água e nutrientes. A partir do momento que se reduz a população de *Brachiaria* para uma população adequada ( $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ), as duas culturas param de competir, e os resultados no aumento de produção começam a ser observados nas parcelas onde se tem o cultivo consorciado (milho segunda safra de 2011). Esses resultados corroboram os resultados apresentados por Ceccon (2008) e Seidelet al. (2014). Evidenciando assim, a viabilidade do consórcio entre milho e *Brachiaria*.

Neste experimento foram necessários cinco anos de cultivo para estabilização do consorcio milho + *Brachiaria* em relação ao milho solteiro. Entretanto, este fato pode ser justificado pelo tempo que se levou para se ajustar a quantidade de sementes necessária de *Brachiaria* a ser utilizada por hectare, sem que haja competição com o milho. Vários autores observaram que a produtividade do milho consorciado não diferiu do milho solteiro já nos primeiros anos de cultivo. Denardinet al. (2008) também constataram que não houve diferença significativa na produtividade de grãos entre o milho cultivado solteiro, comparado ao milho consorciado com *Brachiaria brizantha* devido à boa quantidade e distribuição da precipitação pluvial nos três anos. Em trabalho semelhante Borghi e Cruciol (2007), não encontraram diferenças na produtividade de milho quando em consórcio com *B. brizantha* semeada na linha e entrelinha.

**FIGURA 2.** Produtividade do Milho solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sucessão à soja, durante oito anos. Maracaju, MS. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).



Entretanto, o desempenho do milho, quando em consórcio com a *Brachiaria*, é muito influenciado pela velocidade de estabelecimento da forrageira e do aumento da competição por água, luz e nutrientes, o que pode prejudicar o desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade de grãos da cultura (PARIZ et al., 2011). Silva et al. (2014), observaram que o consórcio do milho com a *Brachiaria*, mostrasse viável, pois, mesmo em maiores densidades da forrageira, a redução de produtividade de grãos não ultrapassou a 10% e pode ser compensada pela produção de forragem no período seco, bem como do seu uso para cobertura vegetal no plantio direto. E os autores concluíram que o consórcio é viável, pois a redução da produtividade não foi superior a 8%, mesmo em maiores densidades de plantio e pode ser compensada pela maior produção da forrageira.

Na literatura, pesquisadores relataram que a presença da planta forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho, porém, em alguns casos, houve necessidade da aplicação do herbicida nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira, como forma de garantir o pleno desenvolvimento do milho (JAKELAITIS et al., 2004 e PARIZ et al., 2009), o que não ocorreu no presente trabalho. Kluthcouskiet al. (2000), avaliando a produtividade de grãos de 18 cultivares de milho em consórcio com plantas forrageiras na estação chuvosa em diversos locais, concluíram que em geral, a competição interespecífica não reduziu

significativamente a produtividade de grãos. Verificaram também que, na maioria dos locais, ocorreram aumentos de produtividade no sistema consorciado, provavelmente em função da não aplicação de herbicida graminicida em pós-emergência, que reduziu possíveis efeitos fitotóxicos.

Em experimentos mais recentes, onde há maior adoção de tecnologias adequadas às condições do Cerrado e com foco também na produção de grãos, a produtividade do milho consorciado com espécies de *Brachiaria* é alta, obtendo, em geral, produtividades acima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> e, muitas vezes, supera as obtidas em cultivo solteiro (BORGHI e CRUSCIOL, 2007; PARIZ et al., 2011; COSTA et al. 2012; ALVES et al., 2013), fato esse observado no ano de 2011 neste experimento.

Efeitos significativos a ( $p < 0,01$ ) para o tipo de cultivo na produtividade de soja foi observado nos anos agrícolas de 2007/08, 2008/09, 2011/12 e a ( $p < 0,05$ ) no ano agrícola de 2010/11. O efeito significativo para apenas esses anos pode estar relacionado à menor precipitação ocorrida nestes anos, principalmente em 2007/08 e 2008/09. A interação fonte de nitrogênio e tipo de cultivo não foi significativa para todos os anos agrícolas avaliados. Reforçando novamente que adubações nitrogenadas de cobertura na cultura do milho não interferem no rendimento médio da cultura da soja em sucessão (Tabela 6).

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para produtividade de grãos de soja cultivada em sucessão à cultura do milho solteiro e consorciado com *Brachiaria brizanthacv.* Marandu nos anos agrícolas 2005/06 a 2012/13. Maracaju, MS.

F.V	G.L	2005/06	2007/08	2008/09	2009/10
Blocos	3	67.069,1	452.541,0	442.969,1	329.422,1
Fontes de N (FN)	3	42.502,1 <sup>ns</sup>	56.883,0 <sup>ns</sup>	65.950,1 <sup>ns</sup>	49.051,1 <sup>ns</sup>
Tipo de cultivo (TC)	1	72.010,1 <sup>ns</sup>	667.012,5 <sup>**</sup>	5.629.690,1 <sup>**</sup>	24.976,1 <sup>ns</sup>
FN x TC	3	22.741,1 <sup>ns</sup>	35.005,5 <sup>ns</sup>	26.203,1 <sup>ns</sup>	68.644,1 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	51.524,8	39.483,9	40.091,4	38.152,0 <sup>ns</sup>
C.V(%)	-	6,03	6,67	9,97	5,59
		2010/11	2011/12	2012/13	-
Blocos	3	147.511,1	926.353,3	753.239,3	-
Fontes de N (FN)	3	59.578,1 <sup>ns</sup>	40.297,1 <sup>ns</sup>	176.303,0 <sup>ns</sup>	-
Tipo de cultivo (TC)	1	284.635,1 <sup>*</sup>	1.783.216,1 <sup>**</sup>	418.475,3 <sup>ns</sup>	-
FN x TC	3	80.650,1 <sup>ns</sup>	171.145,1 <sup>ns</sup>	72.571,1 <sup>ns</sup>	-
Resíduo	21	49.376,8	71.859,7	135.752,9	-
C.V(%)	-	5,95	9,20	15,29	-

\*\*; \*, <sup>ns</sup>: significativo ( $p \leq 0,01$ ), significativo ( $p \leq 0,05$ ) e não significativo, respectivamente, pelo teste

F.

É importante ressaltar que o resíduo vegetal do milho proporciona uma cobertura menos efetiva do solo, tendo em vista que a maior parte dos resíduos é composta por colmos grossos, cuja distribuição na superfície do solo é desuniforme. Entretanto, quando o milho é cultivado de forma consorciada com a *Brachiaria*, acarreta em uma maior cobertura do solo, e conseqüentemente diminui as perdas de água por evaporação, preservando e/ou melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Isso garante um maior armazenamento de água disponível no solo e favorece o desenvolvimento radicular (FRANCHINI et al., 2009). Fato esse que pode ser observado claramente na Figura 3, onde as maiores produtividades da soja foram obtidas quando esta foi cultivada em sucessão ao milho consorciado.

**FIGURA 3.** Produtividade da soja em sucessão ao milho solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, durante oito safras. Maracaju, MS. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).



De forma semelhante Pacheco et al. (2009), verificaram que a produção de grãos de soja foi influenciada pela presença de palha na superfície do solo, obtendo-se maior produtividade sobre cobertura de *B. ruziziensis* comparado à testemunha sem plantas de cobertura (pousio).

Em outro trabalho Correia e Durigan (2006), verificaram que as plantas de soja cultivadas sobre cobertura morta de *B. brizantha* durante os dois anos do estudo e de *Eleusinecoracana*, apenas no segundo ano, tiveram maior produção de

grãos, matéria seca da parte aérea e altura de plantas do que as plantas da testemunha.

Foram observados ganhos variando de 2,4 a 52,8% no ano agrícola de 2005/06 e 2008/09, respectivamente, o que proporciona ganhos entre 90 a 840 kg ha<sup>-1</sup>, em função da semeadura da soja sobre os resíduos culturais do milho consorciado com *Brachiaria* (Tabela 7).

**Tabela 7.** Produtividade da soja (kg ha<sup>-1</sup>) em resposta à utilização do consórcio de milho de segunda safra com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, nos anos de 2005 a 2013. Maracaju, MS.

Ano Agrícola	Produtividade da soja em kg ha <sup>-1</sup>		Ganhos	
	Sem consórcio	Com consórcio	(kg ha <sup>-1</sup> )	(%)
2005/06	3720,0	3810,0	90,0	2,40
2006/07	3642,0	4080,0	438,0	12,0
2007/08	2844,0	3132,0	288,0	10,1
2008/09	1590,0	2430,0	840,0	52,8
2009/10	3432,0	3546,0	114,0	3,30
2010/11	3642,0	3828,0	186,0	5,10
2011/12	2682,0	3150,0	468,0	17,4
2012/13	2298,0	2526,0	228,0	9,90

O aumento na cobertura do solo em função do consórcio milho + *Brachiaria* proporcionam melhorias na qualidade física do solo e no enraizamento da soja, conseqüentemente, têm refletido no aumento da produtividade desta cultura em relação a outros sistemas de produção, especialmente em anos caracterizados por períodos de deficiência hídrica (FRANCHINI et al., 2009).

Este fato ficou comprovado pelo desempenho da soja nos anos agrícolas de 2008/09 e 2011/12. Isto se refletiu na produtividade da soja, que obteve em média 331,5 kg ha<sup>-1</sup> sobre cobertura vegetal de *B. Brizantha* cv. Marandu, perfazendo 5,5 sacas a mais do que a observada para a soja implantada após o milho solteiro.

Os mesmos autores, citados acima, observaram que o consórcio milho segunda safra + *B. ruziziensis*, prolonga o ciclo da soja em relação à soja cultivada apenas sobre milho de segunda safra. E de acordo com os mesmos a redução na duração do ciclo está relacionada com a menor disponibilidade de água no sistema em que o milho safrinha antecedeu a soja, já que sob condições de estresse hídrico a planta tende a reduzir seu ciclo. Essa redução de ciclo afeta a produtividade, uma vez que reduz o período de enchimento de grãos da cultura.

#### 4. CONCLUSÕES

O consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu não influencia as produtividades do milho desde que se utilize a quantidade adequada de sementes da forrageira.

As fontes de nitrogênio nas doses utilizadas proporcionaram maior efeito sobre a produtividade do milho em anos com baixa disponibilidade hídrica e proporcionaram produtividade de milho de segunda safra semelhante.

A produtividade da soja sobre os resíduos vegetais do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporciona ganhos em média de 331,5 kg ha<sup>-1</sup>.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA, A.K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J.A.; MATTOS JR, D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, v.15, p.369- 420, 2006

ALVES, V.B.; PADILHA, N.S.; GARCIA, R.A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, p.280-292, 2013.

BARBOSA FILHO, M.P.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez de solo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.785-792, 2004.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.163-171, 2007.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.551-594.

CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P.; ALVES, M.C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de semeadura direta e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1141-1148, 2004.

CECCON, G. Milho safrinha com braquiária em consórcio. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 7p. (Comunicado Técnico, 140)

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **R. Plantio Direto**, v. 16, p.17-20, 2007.

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, p. 27-48.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Influência do tipo e quantidade de resíduos vegetais associados a herbicidas residuais no desenvolvimento da cultura da soja. **Bragantia**, v.65, p.421-432, 2006.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1038-1047, 2012.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Efeito da consorciação milho-braquiária (*Brachiaria brizantha*) na mitigação da compactação do solo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.13 p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54).

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J. R. B. Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 40p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).

GARCIA, C.M.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; LOPES, M.K.S.; BUZETTI, S. Decomposição de resíduos de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, v.1, p.1-10, 2014.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.F.; FREITAS, F.C.L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-bracquiária (*Brachiariadecumbens*). **Planta Daninha, Viçosa**, v.22, p.553-560, 2004.

KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M.; SILVA, J.A.N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.251-259, 2009.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O; MAGNABOSCO, C. U. Sistema Santa Fé – tecnologia Embrapa: integração lavoura-Pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.215-226, 2005.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S.O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, p.455-463, 2009.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M.A.A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C.A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39,p.360-370, 2009.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M.V.; BERGAMASCHINE, A.F.; MELLO, L.M.M.; LIMA, R.C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura pecuária. **Ciência Rural**, v.41, p.875-882, 2011.

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Efeitos de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição da composição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv Marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.24, p.222-232, 1995.

SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., LUBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ALMEIDA, J. A., CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. (ed.). 2013. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. edição revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 353 p.

SILVA, D.V.; FREITAS, M.A.M.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, T.; PEREIRA, G.A. M.; SILVA, G.S.; FERREIRA, L.R.; CECON, P.R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, v.48, p.1394-1400, 2014.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; D. D.; NERES, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.55-66, 2014.

SORATTO, R.P.; PEREIRA, M.; COSTA, T.A.M.; LAMPERT, V.N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.511-518, 2010.

SOUZA, J.A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M.E.; ART, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, v.70, p.447-453, 2011.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba**. 2004. 83 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Esalq Piracicaba, SP.

VERONESE, M.; FRANCISCO, E.A.B.; ZANCANARO, L.; ROSOLEM, C.A. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1158-1165, 2012.

## CAPÍTULO 2

### ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO EM SISTEMA DE MILHO CONSÓRCIADO COM *Brachiaria brizantha* cv. Marandu E DE MILHO SOLTEIRO EM FUNÇÃO DE FONTES DE NITROGÊNIO

#### RESUMO

O objetivo na realização do trabalho foi avaliar os atributos químicos de um Latossolo sob consórcio de milho com *Brachiaria* em função de fontes de nitrogênio. O experimento foi implantado no município de Maracaju, MS nos anos agrícolas de 2005 a 2013, em um Latossolo Vermelho Distroférico. Os fatores estudados foram: o milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e milho solteiro; e o uso de fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, Ureia, Ureia + Sulfato de Amônio e Sulfato de Amônio) em cobertura, arranjos em esquema fatorial 2 x 4, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Após a colheita da última safra de milho, ano de 2013, realizou-se a coleta de solo em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. A adubação nitrogenada apresenta elevado potencial de acidificação e promove a redução dos teores de cálcio, magnésio e potássio. As alterações nos atributos químicos são mais fortemente alteradas pelas fontes de nitrogênio nas camadas superficiais do solo. A adoção do sistema milho + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporciona melhoria nos atributos químicos do solo, principalmente na camada superficial.

**Palavras-chave:** Zeamays, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, plantas de cobertura, fertilidade do solo.

**ATTRIBUTES OF A CHEMICAL IN OXISOL WINTER MAIZE  
CONSORTIUM SYSTEM WITH *Brachiaria brizantha* cv. Marandu AND  
SINGLE CORN ON NITROGEN SOURCES FUNCTION**

**ABSTRACT**

The goal in conducting the study was to evaluate the chemical attributes of an Oxisol under corn intercropping with *Brachiaria* in nitrogen sources function. The experiment was established in the municipality of Maracaju, MS in agricultural years 2005-2013, in Oxisol. The factors studied were: corn intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and single corn; and the use of nitrogen sources (without nitrogen, urea, urea + ammonium sulphate and ammonium sulphate) in coverage, arranged in a factorial 2x4, in a randomized block design with four replications. After harvesting of the last crop of corn, 2013, we held solo collection in four depths: 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm. Nitrogen fertilization has a high potential for acidification and promotes the reduction of calcium, magnesium and potassium. Changes in chemical characteristics are more strongly altered by the sources of nitrogen in the soil surface layers. The adoption of maize + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu provides improvement in soil chemical properties, mainly in the surface layer.

**Key-words:** *Zea mays*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, plant coverage. Soilquality

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos têm abordado a influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre o rendimento de culturas implantadas em sucessão. Embora grande quantidade de nitrogênio possa existir na parte aérea das culturas de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão irá depender do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a taxa de demanda da cultura (BRAZ et al., 2006). Além disso, pesquisas relacionadas com a sustentabilidade de sistemas de produção agropecuária têm enfatizado a importância das práticas de manejo nas propriedades biológicas e bioquímicas do solo.

A inclusão de forrageiras em sistemas de cultivos de grãos altera as propriedades físicas e químicas do solo, promovendo mudanças na sua qualidade; principalmente aumentando a estabilidade dos agregados, o que resulta em aumento da macroporosidade do solo e capacidade de infiltração. Estas melhorias ocorrem pela presença dos resíduos vegetais e raízes da pastagem, que contribuem para o aumento nos teores de carbono do solo (LOSS et al., 2011) e maior atividade da macrofauna do solo (MARCHÃO et al., 2007).

Dentre as modalidades utilizadas no Brasil, destaca-se o cultivo consorciado com espécies forrageiras tropicais, como as do gênero *Brachiaria* que, devido à sua alta relação C/N, possibilita a longevidade da cobertura do solo.

Desta forma, o consórcio de milho com *Brachiaria* é uma prática vegetativa importante, uma vez que altera a estrutura de solos manejados inadequadamente (SEIDEL et al., 2014). Em geral as forrageiras, consorciada com milho segunda safra, apresenta um desenvolvimento inicial mais lento, o maior acúmulo de biomassa ocorre após a maturidade do milho, o que normalmente favorece maior incremento na produtividade da soja a qual é semeada sobre *Brachiaria* como forma interessante de adoção do sistema plantio direto, haja vista que a pastagem apresenta excelente cobertura, podendo contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo e permitir a rotação de culturas (EMBRAPA, 2006).

De acordo com Borghie e Crusciol (2007) o cultivo consorciado do milho com *Brachiaria* tem refletido diretamente na fertilidade do solo reduzindo a acidez e aumentando os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, com reflexo direto na CTC (capacidade de troca catiônica) e na saturação

por bases (V%), quando comparado às áreas sob sistema plantio direto com cultivo exclusivo de milho.

Costa et al. (2012) avaliaram a produtividade de grãos e de forragem do consórcio entre milho e espécies de *Brachiaria* submetidos a doses de nitrogênio em cobertura, em sistema plantio direto. Os autores constataram que o crescimento vegetativo, os componentes da produção e a produtividade de grãos do milho não foram influenciados pelos consórcios. A adubação nitrogenada em cobertura aumenta linearmente os teores de N, P e S, bem como os componentes da produção e a produtividade de grãos.

A fonte de nitrogênio utilizada em cobertura na adubação do milho de segunda safra pode promover alterações nos atributos químicos do solo. Lange et al. (2006) verificaram que a aplicação de diferentes doses de nitrogênio na forma de ureia reduziram o pH, teores de cálcio, magnésio e a saturação por bases no solo e aumentaram a saturação por alumínio, tanto na superfície do solo como em maiores profundidades.

Segundo Delbem et al. (2012) a aplicação de ureia e sulfato de amônio promoveram a acidificação do solo e reduziram os valores de matéria orgânica, potássio, cálcio, magnésio e soma e saturação por bases na profundidade de 0-10 cm. Franchini et al. (2000) constataram que a utilização de sulfato de amônio com fonte de nitrogênio está relacionada com a acidificação do solo. De acordo com Souza et al. (2012) os teores de matéria orgânica do solo pode reduzir com adubação nitrogenada na forma de ureia, uma vez que, o nitrogênio passa a servir de matéria-prima para os microrganismos decompositores do solo, e estes por sua vez passam a decompor mais eficientemente a matéria orgânica do solo. No entanto, Junior Melem (2001) não verificaram efeito das fontes nitrogenadas (nitrato de amônio e sulfato de amônio) na acidificação do solo após uma safra de milho.

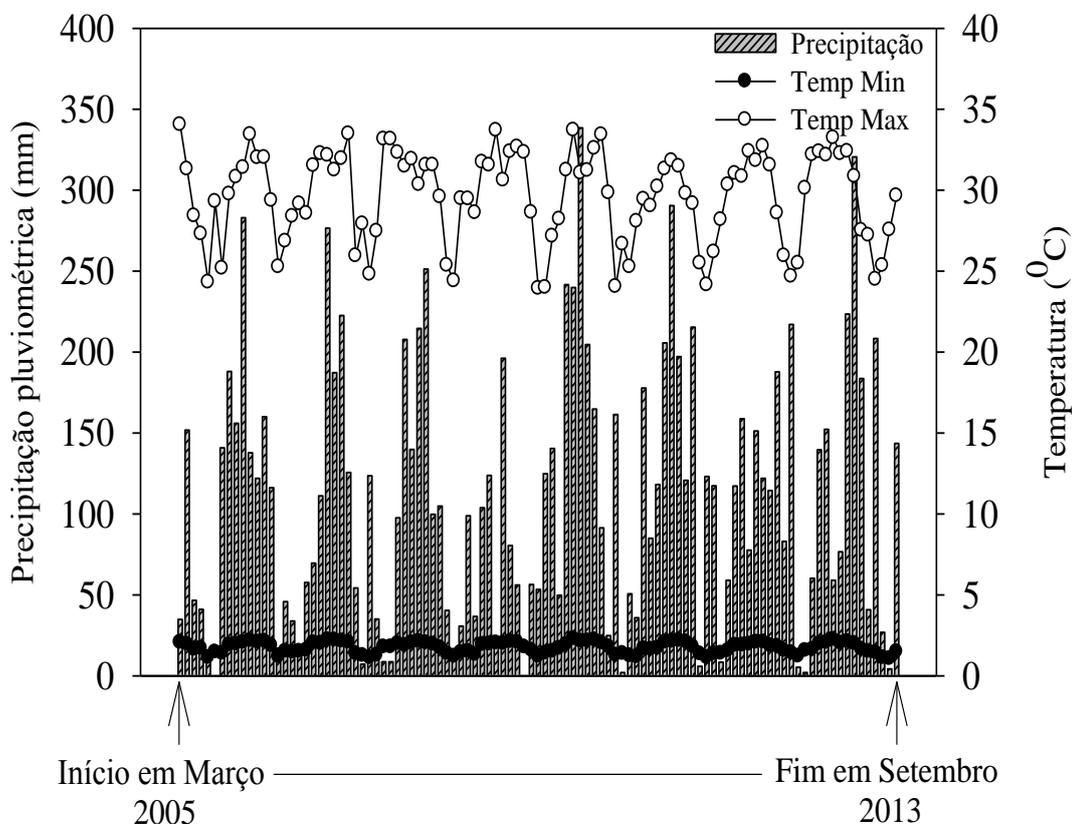
Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as alterações dos atributos químicos de um Latossolo em um experimento de longa duração no sistema de cultivo em consórcio de milho com *Brachiarisob* diferentes fontes de nitrogênio em adubação de cobertura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em um experimento de longa duração no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul, localizado nas coordenadas 21°38'17,04'' S e 55°9'14,07'' W com 405 metros de altitude. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O clima da região é tropical úmido, com chuvas no verão e com seca no inverno, classificado como Aw segundo a classificação de Köppen (1948), com temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1500 a 1750 mm. Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura mínima e máxima ocorrida durante a condução dos experimentos (2005 a 2013), Maracaju, MS.



Antes da instalação do experimento em 2005 foram coletadas amostras de solo para caracterização química da área em estudo. Os dados dos atributos químicos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos iniciais do solo. Maracaju-MS.

	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5.05	4.79
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	34.20	22.97
P (mg dm <sup>-3</sup> )	31.49	5.10
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0.79	0.22
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3.90	3.10
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1.0	0.65
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3.10	4.54
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0.19
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5.69	3.97
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10.23	7.07
SB (%)	56.15	55.61
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	390	
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	310	
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	300	

Em janeiro de 2005, trinta dias antes da semeadura do milho, aplicou-se 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. A calagem e a gessagem foram realizadas ao mesmo tempo e a lanco sem incorporação. Utilizou-se o delineamento fatorial 2 x 4, totalizando 8 tratamentos (Tabela 2), sendo dois fatores estudados: tipo de cultivo (com ou sem *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, Ureia, Ureia + Sulfato de Amônio e Sulfato de Amônio) arranjados em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais possuíam a dimensão de cinco metros de largura por doze metros de comprimento, totalizando 60 m<sup>2</sup> de área cultivada.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos em relação ao fator consórcio e as fontes de N.

Tratamento	Fonte de nitrogênio	Dose kg ha <sup>-1</sup>	<i>Brachiaria</i>
1	Testemunha	-	Sem
2	Testemunha	-	Com
3	Ureia	89	Sem
4	Ureia	89	Com
5	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Sem
6	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Com
7	Sulfato de amônio	190	Sem
8	Sulfato de amônio	190	Com

O cultivo foi realizado da seguinte forma: primeiramente semeava a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Percentual de Valor Cultural =75%) nas parcelas com o consórcio. Todas as parcelas receberam a mesma quantidade de sementes de *Brachiaria* (kg ha<sup>-1</sup>), na profundidade de 2 cm, com semeadora, no espaçamento de 20 cm, com a finalidade da formação de cobertura morta satisfatória. A quantidade de sementes puras viáveis de *Brachiaria* semeada junto com o milho foi ajustada em cada ano agrícola com o decorrer do experimento. No consórcio com o milho em 2005 foram utilizadas 12,6 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*, já nos anos agrícolas de 2006, 2007 e 2008 utilizou-se 6,6 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*. No ano agrícola de 2009 não foi conduzido o experimento na área, durante este ano o solo ficou em repouso. Em 2010 o experimento foi retomado utilizando 5,3 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*. Nos últimos três anos agrícolas (2011, 2012 e 2013) foram utilizados 3,3 kg.ha<sup>-1</sup> de *Brachiaria*.

Em seguida realizou-se a semeadura do milho de segunda safra, com a semeadora Jumil a vácuo, no espaçamento de 80 cm. Todas as parcelas receberam no sulco de plantio 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 12-15-15. Em cada ano agrícola foi utilizado na área experimento o mesmo híbrido de milho. As sementes de milho foram tratadas com 150g/L de imidaclopid + 450 g/L de tiocarbe, além disso, foram realizadas aplicações com inseticidas e fungicidas para o controle de pragas e doenças, respectivamente. O nitrogênio, em cobertura, foi aplicado no estágio V4 da cultura do milho, totalizando 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cada safra de milho.

Após a colheita do milho foi realizada a dessecação para a semeadura da soja. A dessecação era realizada em duas etapas: a primeira era realizada trinta dias antes do plantio, onde era aplicado 1440 g/L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de glifosato-sal de isopropilamina + 576 g/L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de 2,4-D-dimetilamina, a segunda era realizada vinte dias após a primeira onde era aplicado 720 g/L ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo de glifosato-sal de isopropilamina.

A semeadura da soja era realizada com semeadora específica, no espaçamento de 45 cm e realizada adubação com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 00-20-20, no sulco de plantio. As sementes foram tratadas utilizando (g i.a./50 kg de sementes) com 25 g/L de fipronil, 2,5g/L de piraclostrobina, 22,5 g/L de thiophanatemethyl, 1,45 g L<sup>-1</sup> cobalto e 25,4 g L<sup>-1</sup> molibdênio. As sementes de soja foram inoculadas 45 minutos antes da semeadura com inoculante a base de turfa, contendo as bactérias *Bradyrhizobiummelkani* (Estirpe Semia 5019) e *Bradyrhizobiumjaponicum* (Estirpe Semia 5079), com concentração mínima de 5x10<sup>9</sup> células viáveis por grama de inoculante, na dosagem de 100 g de inoculante em 50 kg de semente de soja.

Ao final da colheita da última safra de milho, no dia 26 de setembro de 2013, realizou-se a coleta de solo em cada uma das parcelas. A coleta foi realizada por meio da abertura de trincheiras, sendo abertas duas trincheiras de 0,45 m de largura x 0,4 m de profundidade, foram coletadas amostras de solo em quatro profundidades 0-5 cm; de 5-10 cm; 10-20 cm; 20-40cm. As profundidades não se constituíram como um fator e sim como um parâmetro de avaliação, ou seja, deseja-se com isso saber até qual profundidade está havendo efeito dos tratamentos.

As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira de malha de 2 mm e acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhados ao Laboratório de Solos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) para a determinação das análises químicas.

O pH foi determinado em CaCl<sub>2</sub> (relação solo: solução 1:2,5); o H<sup>+</sup>Al foi extraído com solução de acetato de cálcio a 0,5 mol L<sup>-1</sup> tamponada a pH 7,0, e determinado por titulação; o Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, sendo o cálcio e magnésio determinados por absorção atômica e o alumínio por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. Fósforo e potássio foram extraídos com a solução de Mehlich1 (HCl a 0,5 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,025N) e determinados, respectivamente, em colorímetro e fotômetro de chama (CLAESSEN, 1997). Após a determinação dos valores de pH, H<sup>+</sup>Al, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup> foi calculado a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) e o V %.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e quando apresentaram resultados significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%, utilizando programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Efeito das fontes de N e da interação consórcio x fonte de N

O efeito do tipo de cultivo x fonte de nitrogênio (TC x FN) não foi significativo ( $p>0,01$ ) apenas para matéria orgânica na profundidade de 0,05 m. Na profundidade de 5-10 cm não houve efeito significativo para nenhum dos atributos químicos avaliados. Na profundidade de 10-20 cm foi observado efeito significativo somente para M.O e para M.O,Mg, SB e V% na profundidade de 20-40 cm (Tabela 3).

**Tabela3.** Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo nas diferentes profundidades, Maracaju, MS, 2015.

		Profundidade 0-05 cm										
F.V	G.L	QM										
		pH	P	MO	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
Bloco	3	0,08	115,08	0,16	0,006	0,60	0,10	0,01	0,68	1,20	0,53	63,26
Fonte de N	3	0,53**	183,43**	1,16**	0,03**	6,19**	1,85**	0,11**	1,26**	15,75**	8,54**	579,06**
Consórcio(C)	1	0,23*	2,08 <sup>ns</sup>	2,12**	0,003 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,05**	0,14 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	7,67 <sup>ns</sup>
C x F N	3	0,06 <sup>ns</sup>	15,00 <sup>ns</sup>	0,38**	0,007 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	7,44 <sup>ns</sup>
Erro	21	0,04	25,31	0,04	0,006	0,40	0,19	0,01	0,26	0,90	0,57	44,97
		Profundidade 5-10 cm										
Bloco	3	0,06	153,80	0,13	0,014	0,28	0,04	0,06	0,44	0,62	0,66	33,21
Fonte de N	3	0,09 <sup>ns</sup>	306,63 <sup>ns</sup>	0,72**	0,02*	4,16**	0,91**	0,09 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	9,69**	9,98**	360,30**
Consórcio(C)	1	0,08 <sup>ns</sup>	277,24 <sup>ns</sup>	0,79**	0,00 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,18*	0,03 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	11,55 <sup>ns</sup>
C x F N	3	0,02 <sup>ns</sup>	3,19 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	24,52 <sup>ns</sup>
Erro	21	0,04	263,66	0,08	0,007	0,25	0,07	0,03	0,24	0,57	0,54	35,22
		Profundidade 10-20 cm										
Bloco	3	0,05	36,92	0,02	0,005	0,43	0,002	0,18	0,08	0,60	0,40	31,19
Fonte de N	3	0,01 <sup>ns</sup>	41,57 <sup>ns</sup>	0,52**	0,006 <sup>ns</sup>	2,01**	0,17**	0,08 <sup>ns</sup>	0,99**	3,60**	6,03**	176,25**
Consórcio(C)	1	0,07*	206,09 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,22*	1,82**	0,02 <sup>ns</sup>	2,29 <sup>ns</sup>	16,51 <sup>ns</sup>
C x F N	3	0,02 <sup>ns</sup>	14,14 <sup>ns</sup>	0,18**	<0,01 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	81,09 <sup>ns</sup>
Erro	21	0,01	107,62	0,03	0,005	0,38	0,02	0,04	0,22	0,54	0,56	32,90
		Profundidade 20-40 cm										
Bloco	3	0,04	0,99	0,01	<0,01	0,15	0,007	0,03	0,10	0,23	0,29	21,80
Fonte de N	3	<0,01 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,46**	<0,01 <sup>ns</sup>	1,51**	0,11**	0,03 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	2,44**	2,07**	259,31**
Consórcio(C)	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	<0,01 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,09**	0,04 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	1,37*	16,31 <sup>ns</sup>
C x F N	3	0,01 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,14**	<0,01 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,08**	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,56*	0,37 <sup>ns</sup>	87,26**
Erro	21	0,02	0,69	0,02	0,002	0,11	0,01	0,01	0,07	0,17	0,23	17,86

\*\*; \*, ns: significativo ( $p\leq 0,01$ ), significativo ( $p\leq 0,05$ ) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Observa-se que para a fonte de nitrogênio, na profundidade 0-5 cm, houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para todos os atributos do solo avaliados (Tabela 3). Entretanto nas demais profundidades não foi observado efeito significativo para o pH, Fósforo (P) e acidez trocável ( $Al^{3+}$ ). Para as demais propriedades do solo, com exceção do potássio e da acidez potencial (H+Al), apresentaram efeito significativo em todas as profundidades analisadas (Tabela 3), indicando que as diferentes fontes de nitrogênio utilizadas promovem mudanças consideráveis nos atributos químicos do solo.

Os maiores valores de pH na profundidade de 0–5 cm foram observados quando não houve a aplicação de nitrogênio em cobertura, diferenciando significativamente dos demais valores, indicando que independentemente da fonte de N utilizada ocorre a redução nos valores do pH. Caires e Milla (2016) estudando a adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema plantio direto de longa duração verificaram que a aplicação de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia em cobertura no sistema plantio direto acidificou o solo em 2,8%. Scherer et al. (2012) constataram que a aplicação superficial de nitrato de amônio no sistema plantio direto proporciona a formação de uma frente acidificante no perfil do solo, o que diminui os valores de saturação com bases e aumenta os valores de saturação com alumínio em profundidade. Esses efeitos são proporcionais às doses aplicadas.

Não foram observado diferenças significativas entre as fontes, ureia (U), sulfato de amônio (S) e ureia + sulfato (U+S) para os teores de pH (Tabela 4). Este resultado discorda dos obtidos por Costa et al. (2008), onde os autores observaram maior acidificação do solo cultivado com capim *Brachiaria* com o uso de sulfato de amônio, quando comparado com a ureia.

Na profundidade de 0-5 cm comparando o tratamento sem adubação nitrogenada com o que recebeu adubação, a aplicação de ureia e sulfato de amônio reduziu o pH do solo em 0,39 e 0,61 unidades, respectivamente. Segundo Lange et al. (2006) quando utilizam-se adubos nitrogenados amoniacais, ou no caso da ureia, que gera amônio pela sua hidrólise, espera-se a acidificação do solo, pois no processo de nitrificação, há formação de íons  $H^+$  na conversão do amônio a nitrato.

**Tabela 4.** Médias de  $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ , P, K, MO, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC em  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$  e V (%) avaliados sob diferentes fontes de Nitrogênio no sistema plantio direto, Maracaju, MS, 2015.

Fonte de Nitrogênio	Profundidade 0-5 cm						
	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
Sem adubação	5,29 b	22,27 b	0,70 a	4,12 a	2,73 a	0,00 b	2,97 b
Ureia	4,90 a	29,00 ab	0,69 a	3,64 a	2,20 ab	0,06 b	3,52 ab
Ureia + Sulfato	4,87 a	32,02 a	0,60 ab	3,39 a	2,12 bc	0,04 b	3,45 ab
Sulfato de Amônio	4,68 a	32,79 a	0,58 b	2,07 b	1,56 c	0,26 a	3,94 a
	SB	CTC	V				
Sem adubação	7,56 a	10,52 a	71,72 a				
Ureia	6,54 ab	10,06 a	64,79 a				
Ureia + Sulfato	6,11 b	9,56 a	63,66 a				
Sulfato de Amônio	4,21 c	8,15 b	51,27 b				
	Profundidade 5-10 cm						
	MO	Ca	Mg	SB	CTC	V	
Sem adubação	25,1, c	3,29 a	1,86 a	5,63 a	9,58 a	58,53 a	
Ureia	29,9 ab	3,20 a	1,63 ab	5,31 ab	9,58 a	55,28 a	
Ureia + Sulfato	31,4 a	2,69 a	1,35 bc	4,45 b	8,19 b	54,26 a	
Sulfato de Amônio	26,0 bc	1,72 b	1,08 c	3,17 c	7,31 b	43,11 b	
	Profundidade 10-20 cm						
	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	
Sem adubação	2,7 a	1,17 a	4,79 a	4,18 a	8,97 a	46,39 a	
Ureia	2,59 a	1,12 a	4,17 ab	4,03 a	8,2 ab	48,91 a	
Ureia + Sulfato	2,29 ab	1,00 ab	3,96 b	3,56 ab	7,53 bc	47,11 a	
Sulfato de Amônio	1,58 b	0,84 b	4,26 ab	2,69 b	6,96 c	38,31 b	
	Profundidade 20-40 cm						
	Ca	CTC					
Sem adubação	2,28 a	6,62 a					
Ureia	2,36 a	6,59 a					
Ureia + Sulfato	2,23 a	6,17 ab					
Sulfato de Amônio	1,43 b	5,53 b					

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para o fósforo, houve aumento dos seus teores no solo para a profundidade de 0-5 cm, com a adubação nitrogenada. Nota-se que os maiores teores foram observadas para o sulfato de amônio, seguido pela ureia + sulfato de amônio. Isso pode ser explicado pelo fato que com a absorção de amônio, a célula tem que promover a extrusão de prótons ( $H^+$ ) para manter a sua eletroneutralidade e o transporte ativo secundário em funcionamento (DARRAH, 1993), acidificando o meio e, conseqüentemente, solubilizando o fosfato de cálcio (OLSEN e KHASAWNEH, 1980), deixando-o lábil. Uma outra provável razão para o ocorrido, é o fato do íon sulfato competir pelos mesmos sítios de adsorção com o íon fosfato (CAMARGO et al., 1997).

Desta forma, com a redução da adsorção do fósforo há um aumento nos teores de fósforo lábil. Entretanto, Sarmiento et al. (2008), avaliando o efeito da adubação nitrogenada no *Panicummaximum*, observaram resultados de redução dos teores de P no final do experimento, os autores atribuíram este efeito à redução do pH do solo com conseqüente formação de fosfatos insolúveis de Fe e de Al.

A aplicação de sulfato de amônio promoveu redução nos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Sarmiento et al. (2008) e Rosado et al. (2014), que observaram redução dos teores de Mg e K nas profundidades de 0-10 e 10-20 devido ao aumento da adubação nitrogenada. Diante deste resultado é possível que o  $NO_3^-$  e o  $SO_4^{2-}$  fornecidos pelo sulfato de amônio, influenciou a dinâmica dos cátions Mg e K no solo.

Pearson et al. (1962), iniciaram os primeiros trabalhos evidenciando a influência da adubação nitrogenada na movimentação de bases no perfil do solo. De acordo com Foloni e Rosolem (2006), a associação de cátions e ânions na solução do solo, com neutralização momentânea de cargas, pode intensificar a movimentação descendente de bases no perfil do solo. Desta forma, para as condições impostas neste trabalho, os ânions  $NO_3^-$  e  $SO_4^{2-}$  funcionaram como "carregadores" de Mg, K e Ca. Assim, a redução dos teores desses nutrientes com o aumento das doses de N seria resultado não apenas da maior absorção pelas plantas, mas também pela movimentação destes cátions para camadas subsuperficiais do solo.

Os valores de Alumínio ( $Al^{3+}$ ) trocável e da acidez potencial ( $H + Al$ ) no solo também apresentaram alterações em função dos tratamentos aplicados. Quando o N foi fornecido na forma de sulfato de amônio, pode-se observar a existência de uma relação inversa muito estreita entre pH do solo e os teores de Al, sendo que a redução do pH do solo provocado pelas fontes de N promoveram aumento nos valores para o  $Al^{3+}$ . Para os valores de  $H + Al$ , observa-se também essa relação.

Estaresposta para os teores de  $Al^{3+}$  e  $H+Al$ , resultante da adição de fertilizantes nitrogenados em solos sob cultivo de gramíneas foram relatados por outros autores como Costa et al. (2008) e Rosado et al. (2014). De acordo com os resultados apresentados, nota-se que a adubação com sulfato de amônio apresenta maior potencial de acidificação do solo e elevação dos teores de  $Al^{3+}$  e  $H+Al$ . Visto que, para os teores de  $Al^{3+}$ , observou-se efeito de adubação nitrogenada apenas na camada de 0-5 cm, nas demais profundidades avaliadas, não se observou efeito da adubação nitrogenada quando o N foi fornecido tanto na forma de ureia quanto sulfato de amônio.

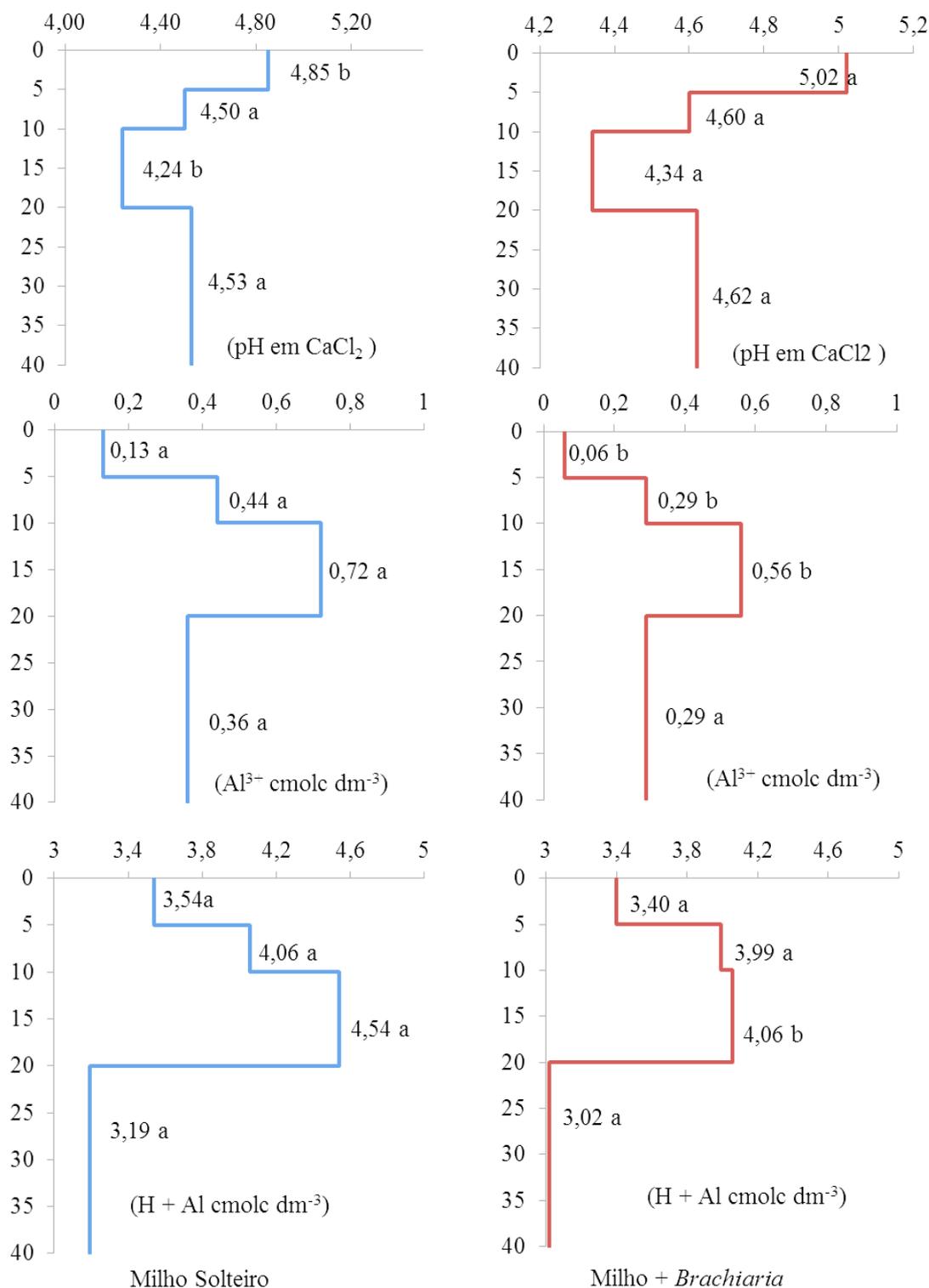
Os teores de MO foram influenciados pelas fontes de nitrogênio aplicadas, onde foram observados maiores valores quando se utilizava a adubação de cobertura, principalmente, ureia. Esse aumento nos teores de MO pode ser justificado pela resposta da *Brachiaria* e do milho em função das adubações de N, proporcionando maiores produção de massa seca, com melhores resultados para a ureia em relação ao sulfato de amônio.

A capacidade de troca de cátions (CTC) e a soma de bases (SB) foram afetadas pelas fontes de nitrogênio, principalmente o sulfato de amônio. Os menores valores para estes atributos foram observados quando se utilizou a adubação de nitrogênio em cobertura, independentemente das fontes utilizadas. Estes resultados são reflexo do que ocorreu com os teores de potássio, cálcio e magnésio.

### **3.2 Efeito do tipo de cultivo**

Os maiores valores de pH foram observados quando se utilizou o cultivo do milho consorciado comparativamente ao milho solteiro nas profundidades 0-5 e 10-20cm (Figura 2).

**FIGURA 2.** Valores médios de pH em  $\text{CaCl}_2$ , da acidez trocável ( $\text{Al}^{3+} \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al} \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) nas diferentes profundidades do solo após oito anos de sucessão milho solteiro-soja e sucessão milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu-soja, Maracaju, MS, 2015. As médias seguidas pela mesma letra nos dois sistemas de cultivo, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).



Deste modo, pode-se afirmar, a priori, que o consórcio favoreceu a redução da acidez do solo. Entretanto, discordando destes resultados Santos et al. (2009) descreveram que devido ao maior consumo de bases trocáveis em função do maior sistema radicular as forrageiras contribuem com o aumento da acidez do solo. Sendo que os mesmos autores observaram acidificação do solo nessa camada e aludiram que este efeito pode ter ocorrido por retirada de bases decorrente da exportação de nutrientes via massa de matéria seca, produção de ácidos orgânicos da decomposição da palhada.

A redução no teor de alumínio de saturação do solo pode estar associada a complexação orgânica do alumínio pelos compostos orgânicos produtos de decomposição dos resíduos vegetais (MIYAZAWA et al., 1993). Ademais, a extração de bases pela colheita do milho também deve ter contribuído para essa redução no pH, como também observado por Almeida et al. (2008).

Franchini et al. (2003), demonstraram que pode ocorrer aumento de acidez em áreas de cultivo de milho solteiro, estando de acordo com os resultados encontrados neste trabalho. Os mesmos autores ressaltaram que a utilização de fertilizante nitrogenado amoniacal na adubação em cobertura pode provocar aumento na acidez, em virtude da nitrificação do N amoniacal.

Neste contexto, Paiva et al. (1996) observaram que a aplicação anual de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio na sucessão milho em consórcio com tremoço necessitou de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário para o restabelecimento do pH inicial do solo após sete anos sob o sistema mencionado. Costa et al. (2008) avaliando o efeito da aplicação de doses e fontes de N em pastagem *B. brizantha* cv Marandu concluíram que aplicação contínua nas maiores doses de N, o pH do solo diminuiu 18%, sendo que o sulfato de amônio causou maior acidificação do solo em relação à ureia.

No caso do alumínio (Al<sup>3+</sup>), o comportamento foi inverso em relação ao observado para o pH com ocorrência de maiores valores no milho solteiro. A acidez potencial (H + Al) apresentou resposta semelhante aos obtidos para o alumínio, ou seja, sob baixos valores de pH, H+Al e Al<sup>3+</sup> foram altos tanto na camada superficial quanto na camada subsuperficial, concordando com os resultados obtidos por Matias et al. (2009), em amostras de Latossolo Amarelo submetidos a diferentes sistemas de manejo no Cerrado piauiense.

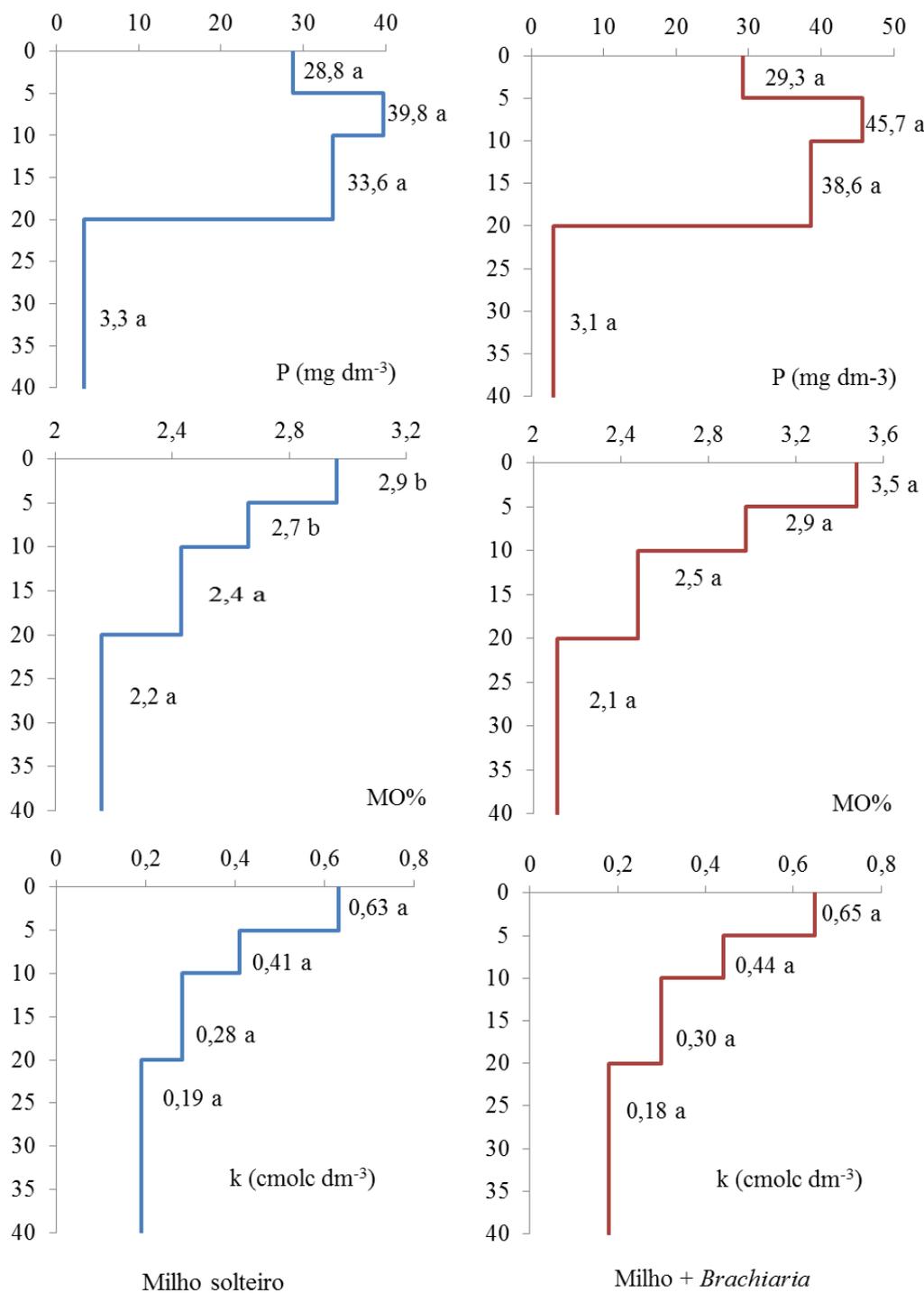
Este resultado corrobora os diversos trabalhos na literatura que vêm demonstrando o efeito de resíduos vegetais não só na mobilidade de cátions no solo, mas principalmente na redução da toxidez de alumínio (MYAZAWA et al., 2002; FRANCHINI et al., 2003; SORATTO e CRUSCIOL, 2008). Contudo, segundo Bayer e Amaral (2003), o efeito dos resíduos vegetais na diminuição da acidez do solo é temporário, pois os ácidos orgânicos podem ser rapidamente transformados pelos microrganismos no solo e adsorvidos nos constituintes do solo, especialmente nos minerais de argila. Em virtude disso, faz-se necessário a cobertura do solo com resíduos vegetais durante todo o ano agrícola, a fim de alcançarmos máximos benefícios destes sistemas de produção.

De acordo com Teixeira et al. (2003) o sistema radicular das gramíneas são bastante extenso e estão em constante renovação que, associado ao elevado potencial de produção de massa seca, são capazes de alterar os níveis de matéria orgânica e nutrientes do solo. Entretanto, para o fósforo (P) não foram observadas diferenças significativas em nenhuma das profundidades (Figura 3).

Todavia, pode-se perceber a ocorrência de maiores teores de P na camada superficial (0-20 cm) do solo. Este resultado pode ser explicado, devido a aplicação anual de fertilizantes fosfatados, da maior liberação de P durante a decomposição de resíduos vegetais e da menor fixação desse nutriente devido ao seu menor contato com os constituintes inorgânicos do solo (SANTOS et al., 2009), principalmente dos óxidos de ferro e alumínio. De acordo com Schlindwein e Gianello (2004) e Anghinoni (2007), em sistemas com manutenção da palhada, sem o revolvimento do solo, é comum a formação de gradientes de matéria orgânica e dos atributos químicos do solo, principalmente de nutrientes pouco móveis como o fósforo.

De maneira geral, pode-se observar que os atributos químicos do solo apresentaram maiores valores na profundidade de 0-5 cm, o que está de acordo com Pavinato e Rosolem (2008). Resultados estes semelhantes aos encontrados por Silveira et al. (2010), onde os autores observaram maiores valores dos atributos químicos na profundidade de 0-5 cm. Tais resultados podem estar associados a maior adição de resíduos vegetais na superfície do solo.

**FIGURA 3.** Valores médios de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), matéria orgânica (%) e potássio K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) nas diferentes profundidades do solo após oito anos de sucessão milho solteiro - soja e sucessão milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – soja, Maracaju, MS, 2015. As médias seguidas pela mesma letra nos dois sistemas de cultivo, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

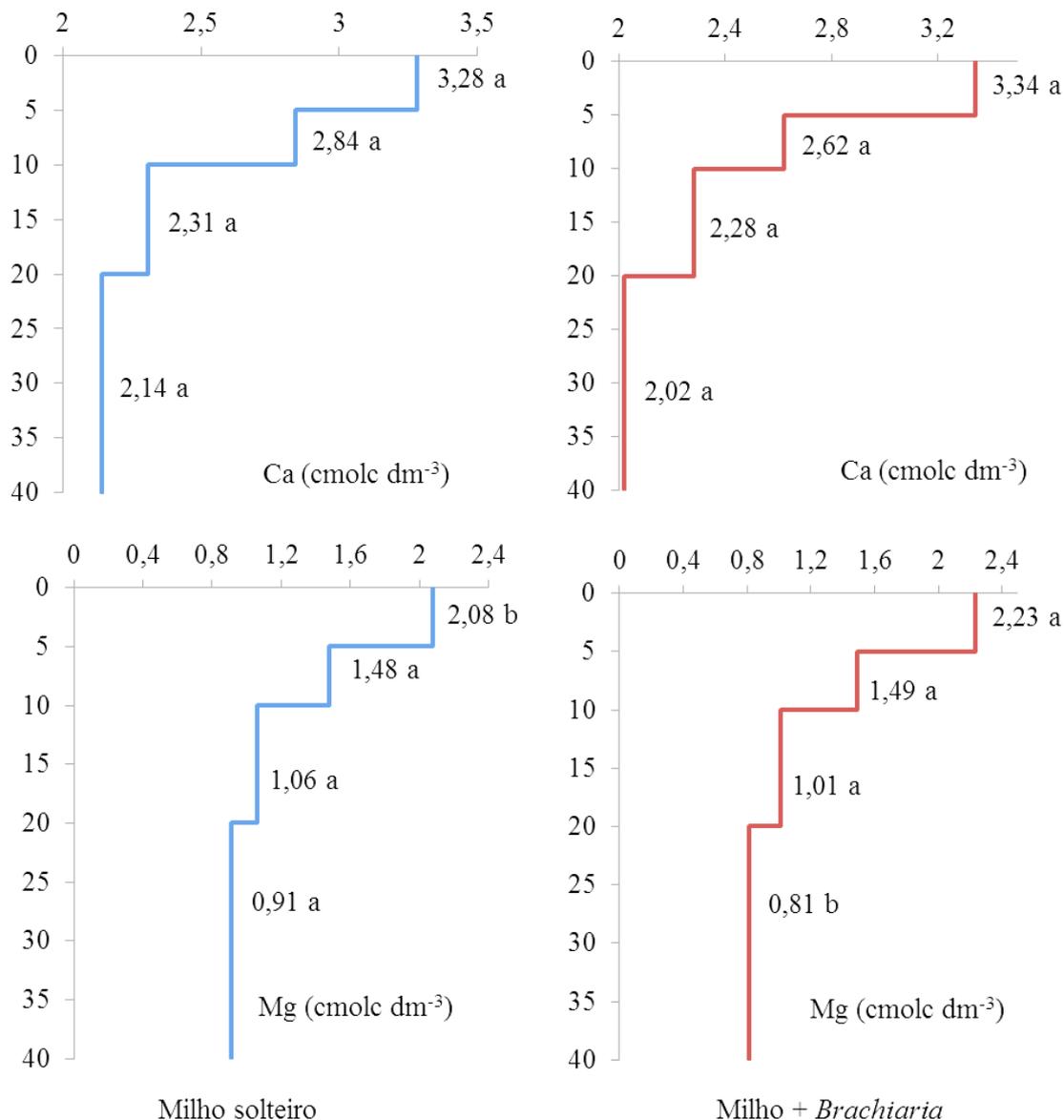


Houve diferença significativa entre os teores de matéria orgânica (MO) nas primeiras camadas 0-5 e 5-10cm (Figura 3), esta diferença pode ser atribuída devido a maior produção de massa seca proporcionada pela *Brachiaria*, principalmente na camada superficial, contribuindo, deste modo, para elevação dos sítios de troca possibilitando diminuição da acidez do solo, quando comparada ao cultivo do milho solteiro. Segundo Dias Filho (2005), as pastagens contribuem para o aumento dos teores de matéria orgânica do solo devido ao seu sistema radicular, que se distribui pelas camadas de solo exploradas pelas raízes que serão decompostas no decorrer do tempo.

Quanto ao potássio (K) na solução do solo, pode-se observar que não houve diferença estatística quando comparado os dois sistemas de cultivo (milho solteiro e consorciado com *Brachiaria*), independentemente da profundidade avaliada. Entretanto, os valores de K no milho consorciado foram superiores ao milho solteiro. Este aumento do teor de K trocável no solo no sistema milho + *Brachiaria* pode ser explicado pela grande capacidade de absorção e acúmulo de K que as *Brachiarias* possuem, reciclando o nutriente. Assim, a presença da forrageira na área no período que antecede a soja, na forma de pastagem, pode proporcionar grande reciclagem do nutriente, incrementando os teores nas camadas superficiais, mediante a decomposição do material orgânico remanescente na área, após sua dessecação.

Os teores de cálcio (Ca) nas diferentes profundidades apresentaram resultados semelhantes aos observados para o K, ou seja, a não significância entre os sistemas de cultivo, indicando que a presença da *Brachiaria* não influenciou nos teores deste nutriente nas diferentes profundidades. Diferenças significativas para os teores de Mg foram observadas nas camadas de 0-5cm e 20-40 cm. O milho consorciado apresentou maiores valores de Mg na profundidade de 0-5 cm, já em camadas mais profundas (20-40 cm) o milho solteiro apresentou maiores valores. (Figura 4).

**FIGURA 4.** Valores médios de cálcio Ca ( $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) e magnésio Mg ( $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) na solução do solo nas diferentes profundidades do solo após oito anos de sucessão milho solteiro - soja e sucessão milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – soja, Maracaju, MS, 2015. As médias seguidas pela mesma letra nos dois sistemas de cultivo, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).



A diferença entre estes teores de Mg pode estar relacionada a adubação nitrogenada na forma amoniacal, pois é possível que a ocorrência de reações que produzem  $\text{H}^+$  (nitrificação) tenha contribuído para o movimento do magnésio para camadas mais profundas do solo, acompanhando o ânion  $\text{NO}_3^-$ , principalmente no cultivo do milho consorciado, uma vez que a maior adição de resíduos vegetais, ocasionado pelo consórcio pode promover, antes da humificação, a elevação do pH,

em razão da complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC por esses cátions de reação básica (PAVINATO e ROSOLEM,2008).

Assim como observado para os demais nutrientes os teores de Ca e Mg, apresentaram decréscimo em função do aumento da profundidade de amostragem, tendo a camada de 0-5 cm a maior média e a camada 20-40 cm a menor expressão para estes nutrientes. Fato este também observado Pereira et al. (2009).

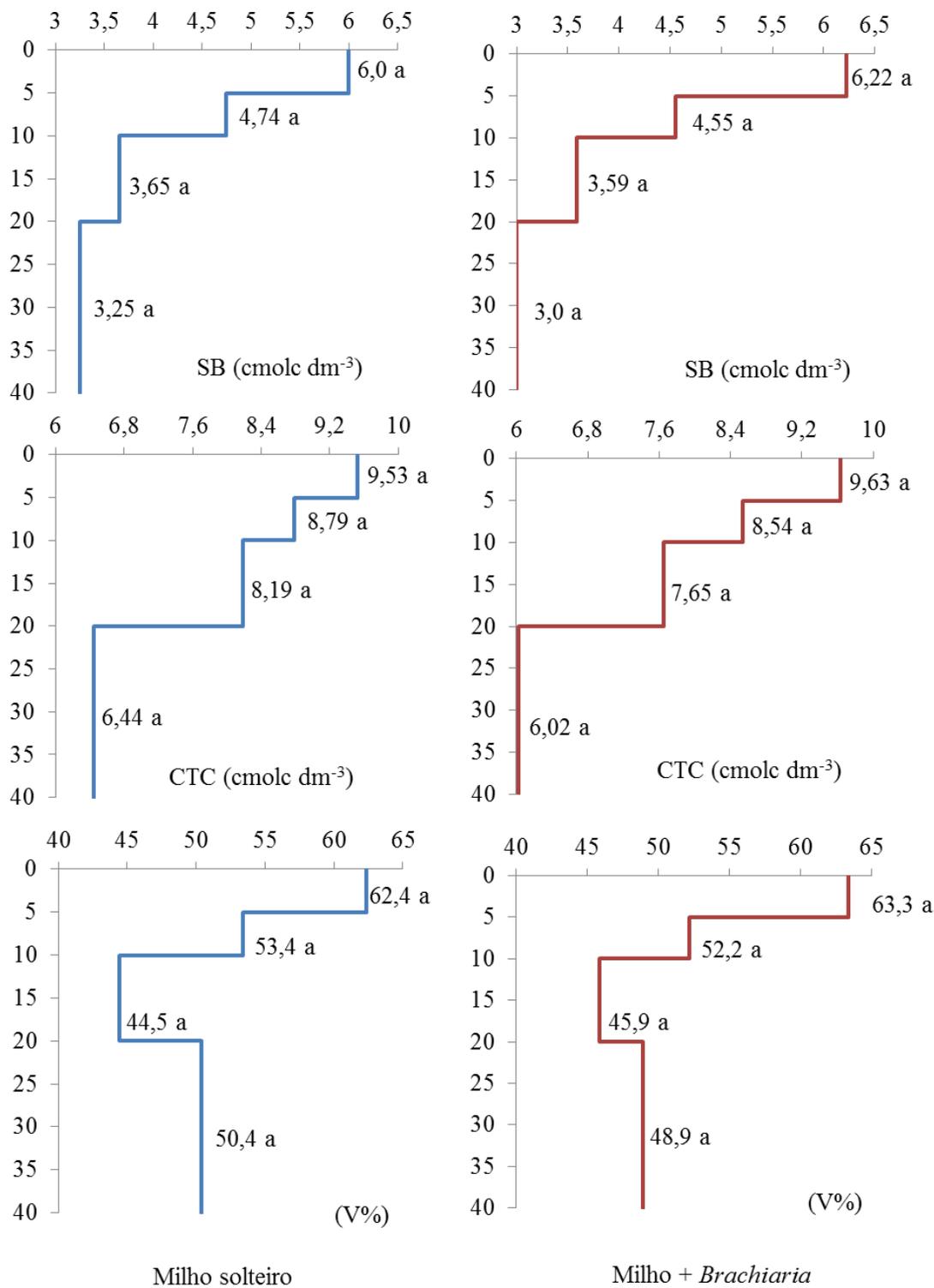
Quanto à soma de base (SB) capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) do solo não houve diferenças significativas em todas as profundidades avaliadas, sendo que os maiores valores foram observados nas camadas superficiais (Figura 5).

Os maiores valores da SB e CTC comparados com os valores referentes à análise química do solo pode estar relacionados com os teores médios e bons encontrados para Ca e Mg, proporcionando, deste modo, elevados teores de cátions trocáveis, e conseqüentemente, elevados valores de soma de bases SB ( $6 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ) e capacidade de troca catiônica CTC ( $>8 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ), o que contribuiu para valores médios de saturação por bases acima de 50%. Este resultado pode estar relacionado ainda com as aplicações de calcário e gesso ao solo, no início do experimento.

De forma geral, na profundidade de 0-5 cm, ocorreram diferenças significativas quando o tratamento milho + *Brachiaria* foi comparado ao tratamento milho solteiro, o qual apresentou menor valor. Este resultado pode ser atribuído à maior produção de resíduos vegetais no consorcio milho + *Brachiaria*. Santos et al. (2009) e Leite et al. (2013) observaram que a manutenção dos resíduos culturais na superfície e sua posterior decomposição causaram melhorias nos atributos químicos do solo, alterando a disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica nas camadas superficiais, o que está condizente com os resultados obtidos no presente trabalho.

Diante de todo o exposto, pode-se inferir que o cultivo consorciado do milho com braquiária reflete diretamente na fertilidade do solo, reduzindo a acidez e aumentando os teores de matéria orgânica, fósforo e magnésio, com reflexo direto na CTC e na V%, quando comparado às áreas sob sistema plantio direto com cultivo exclusivo de milho. Esses resultados podem ser em função do grande aporte de resíduos vegetais somado ao grande volume de raízes em profundidade proporcionado pela *Brachiaria*.

**FIGURA 5.** Valores médios da soma de bases SB ( $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ), CTC ( $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) e V% nas diferentes profundidades do solo após oito anos de sucessão milho solteiro - soja e sucessão milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu - soja. As médias seguidas pela mesma letra nos dois sistemas de cultivo, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).



#### 4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada apresenta elevado potencial de acidificação e promove a redução dos teores de cálcio, magnésio e potássio.

As alterações nos atributos químicos são mais fortemente alteradas pelas fontes de nitrogênio nas camadas superficiais do solo.

A adoção do sistema milho + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporciona melhoria nos atributos químicos do solo, principalmente na camada superficial.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V.P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1227-1237, 2008.

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

BAYER, C.; AMARAL, A.S. Amenização da acidez de um latossolo argiloso por extratos aquosos de plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.2, p.88-96, 2003.

BORGHI C.; CRUSCIOL, A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiariabrizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.163-171, 2007.

BRAZ, A. J.B.P.; SILVEIRA, P M. da; KLIEMANN, H.J. ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência Agrotécnica**, v.30, p.193-198, 2006.

CAIRE, E.F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, v.75, p.87-95, 2016.

CAMARGO, O.A.; CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.T.; QUAGGIO, J. A alteração de atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com a calagem. **ScientiaAgricola**, v.54, p.1-8, 1997.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. revisão atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.

COSTA, K.A.de P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. de CRISTIANE RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E.C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1591-1599, 2008.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1038-1047, 2012.

DARRAH, P.R. The rhizosphere and plant nutrition: a quantitative approach. **PlantandSoil**, v.155/156, p.1-20, 1993.

DELBEM, F.C.; SCABORA, M.H.; SOARES FILHO, C.V; HEINRICHS, R.; CROCIOLLI, C.A.; CASSIOLATO, A.M.R. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, p.361-367, 2011.

DIAS FILHO, M.B. **Degradação de pastagens – processos, causas e estratégias de recuperação**. 2.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173p

EMPRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006b. 306p.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.24, p.459-467, 2000.

FRANCHINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Organic composition of green manures during growth and its effect on cation mobilization in an acid oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, p.2045-2058, 2003.

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão. I - Transporte de cátions e ânions no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.425-432, 2006.

JUNIOR MELEM, N.J.; MAZZA, J.A.; DIAS, C.T.S.; BRISKE, E.G. Efeitos de fertilizantes nitrogenadas na acidificação de um Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico distrófico cultivado com milho. **Amapá Ciência e Tecnologia**, v.2, p.75-89, 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.N.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; MARQUES, J.J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, v.36, p.460-467, 2006.

LEITE, L.F.C.; ARRUDA, F.P.; COSTA, C.N.; FERREIRA, J.F.; HOLANDA NETO, M.R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1257-1263, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011.

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

MATIAS, M.C.B.; SALVINO, A.C.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.356-362, 2009.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, p.251-256, 2002.

OLSEN, S.R.; KHASAWNEH, F.E. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLES, E.C.; KAMPRATH, E.J. (Coords.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p.361-410.

PAIVA, P.J.R.; VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; FAQUIN, V. Acidificação de um Latossolo Roxo do estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.20, p.71-75, 1996.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920, 2008.

PEARSON, R.W.; ABRUNA, F.; VICENTE-CHANDLER, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. **Soil Science**, v.93, p.77-82, 1962.

PEREIRA, R.G.; ALBUQUERQUE, A.W.; CUNHA, J.L.X.L.; ALENCAR PAES, R.; CAVALCANTE, M. Atributos químicos do solo influenciados por sistemas de manejo. **Caatinga**, v.22, p.78-84, 2009.

ROSADO, T.L.; GONTIJO, I.; ALMEIDA, M.S.; ANDRADE, F.V. Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um Latossolo cultivado com capim-mombaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.840-849, 2014.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão. **Bragantia**, v.68, p.1037-1046, 2009

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. (ed.). 2013. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. edição revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 353 p.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; CRUZ, M.C.P.; LUGÃO, S.M.B.; CAMPOS, F.P.; CENTURION, J.F.; FERREIRA, M.E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.183-193, 2008.

SCHERER, E.E.; SPAGNOLLO, E.; MATTIAS, J.L.; BALDISSERA, I.T. Efeito do uso prolongado de esterco líquido de suínos e adubo nitrogenado sobre os componentes da acidez do solo. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, p.68-73.

SCHLINDWEIN, J.A.; GIANELLO, C. Necessidade de novos estudos de calibração e recomendação de fertilizantes para as culturas cultivadas sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.79, p.12-15, 2004.

SEIDEL, E.P.; GERHARDT, I.F.S.; CASTAGNARA, D.D.; NERES, M.A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiariabrizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo, **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.55-66, 2014.

SILVEIRA, P.M.; CUNHA, P.C.R.; STONE, L.F.; SANTOS, G.G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.283-290, 2010

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.675-688, 2008.

SOUZA, I.A. **Avaliação do capim-braquiária e dos atributos físicos do solo sob doses de nitrogênio**53f.. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

TEIXEIRA, I.R.; SOUZA, C.M.; BORÉM, A.; SILVA, G.F. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Bragantia**, v.62, p.119-126, 2003.