

**Universidade de Brasília – UnB**

**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV**

**Programa de Pós-graduação em Agronomia**

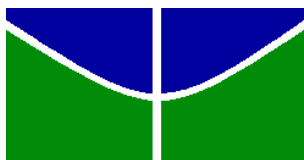
**SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA NO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA COM SOJA  
SUPERPRECOCE**

**JULIANE CRISTINA PEREIRA CALAÇA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**Brasília/DF**

**Junho/2014**



**Universidade de Brasília – UnB**

**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV**

**Programa de Pós-graduação em Agronomia**

**SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA NO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA COM SOJA  
SUPERPRECOCE**

**JULIANE CRISTINA PEREIRA CALAÇA**

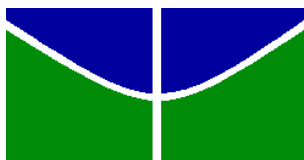
**ORIENTADORA: Maria Lucrécia Gerosa Ramos**

**COORIENTADOR: Walter Quadros Ribeiro Júnior**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**Brasília/DF**

**Junho/2014**



**Universidade de Brasília – UnB**

**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV**

**Programa de Pós-graduação em Agronomia**

**SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA NO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA COM SOJA  
SUPERPRECOCE**

**JULIANE CRISTINA PEREIRA CALAÇA**

**Dissertação de Mestrado em Agronomia  
submetido à Faculdade de Agronomia e  
Medicina Veterinária da Universidade de  
Brasília como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de  
Mestre em Agronomia.**

**Aprovada por:**

---

**MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS, Ph.D. (UnB – FAV)  
(ORIENTADORA) CPF: 002.094.438-12, lucrecia@unb.br**

---

**EIYTI KATO, DSc (UnB – FAV)  
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 143.483.571-53, kato@unb.br**

---

**ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO, DSc (Embrapa – Cerrados)  
(EXAMINADORA EXTERNO) CPF: 409.440.034-11, arminda@cpac.embrapa.br**

**Brasília/DF**

**Junho/2014**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**CALAÇA, Juliane Cristina Pereira**

**Sorgo forrageiro e braquiária no sistema de integração lavoura pecuária com soja superprecoce / Juliane Cristina Pereira Calaça; Orientação: Maria Lucrécia Gerosa Ramos; Coorientação: Walter Quadros Ribeiro Júnior – Brasília, 2014. 100f.**

**Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.**

- 1. GLYCINE MAX. 2. MANEJO DO SOLO. 3. CONSÓRCIO. 4. CARBONO ORGÂNICO DO SOLO. 5. NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO.**

**I. Ramos, M. L. G. II. Ph.D.**

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

**CALAÇA, J. C. P. Sorgo forrageiro e braquiária no sistema de integração lavoura pecuária com soja superprecoce. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. 100p.**

## **CESSÃO DE DIREITOS**

**AUTOR: Juliane Cristina Pereira Calaça**

**TÍTULO: Sorgo forrageiro e braquiária no sistema de integração lavoura pecuária com soja superprecoce.**

**GRAU: Mestre**

**ANO: 2014**

**É concedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias dessa dissertação de mestrado para único e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.**

-----  
**Juliane Cristina Pereira Calaça**

**CPF: 030.763.681-09**

**julianecalaca@hotmail.com**

**Dedico,**

Aos meus pais,

Antônio César (*in memoriam*) e Eliane, por todo amor, apoio e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado força e sabedoria para concluir esse trabalho.

Aos meus orientadores Maria Lucrécia Gerosa Ramos e Walter Quadros Ribeiro Júnior, por toda atenção, confiança, paciência, incentivo, amizade, orientação e entusiasmo com esse trabalho.

À EMBRAPA Cerrados, por ter possibilitado a execução desse projeto.

A todos os pesquisadores da EMBRAPA Cerrados que auxiliaram na execução desse projeto. Em especial, Arminda Moreira de Carvalho, Lourival Vilela, e Karina por toda ajuda apresentada.

Agradecimento especial ao Leonardo Pasini, Kleber Worsley, Neurivan, Luciano, José Reis, Beto, Geraldo e Pernambuco, que trabalharam muito no campo, pelas valiosas contribuições, dedicação e execução do trabalho.

A todos do Laboratório de Bioquímica dos Solos, DeJane, Marcos, Sávio, Neto, por toda ajuda na obtenção desses resultados.

Aos meus queridos pais, Antônio César (*in memoriam*) e Eliane, pelo grande e eterno amor, pela educação e formação do meu caráter e por tudo que me proporcionaram.

Aos meus irmãos Vanessa e Juninho, por todo carinho e companheirismo, por serem a minha alegria.

Ao meu namorado, Felipe Alves dos Santos, por todo incentivo, amor, amizade, ajuda indispensável na execução desse projeto, e por toda felicidade que me proporciona.

À toda minha família, pelo incentivo, carinho e felicidade que me proporcionam.

À Capes, pela bolsa de estudos.

À todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram na execução e conclusão desse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE ABREVIACÕES .....	12
SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA COM SOJA SUPERPRECOCE .....	13
RESUMO.....	13
SORGHUM FORRAGEIRO AND BRACHIARIA IN CROP AND LIVESTOCK INTEGRATION WITH SOYBEAN PRECOCE.....	14
ABSTRACT .....	14
INTRODUÇÃO.....	15
OBJETIVOS.....	17
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
Cerrado.....	18
Soja.....	18
Sorgo forrageiro.....	20
Braquiária .....	22
Consórcio de soja com forrageiras.....	24
Regulador de crescimento .....	26
Indicadores químicos de qualidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária .....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DA BIOMASSA E DA QUALIDADE DE SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA CULTIVADOS EM SISTEMA SOLTEIRO E EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE.....	43
RESUMO.....	43
CAPÍTULO 1. EVALUATION OF YIELD OF BIOMASS AND QUALITY OF SORGHUM FORRAGEIRO AND BRACHIARIA IN CONSORTIUM WITH SOYBEAN PRECOCE .....	44
ABSTRACT .....	44
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS.....	47

Caracterização do experimento.....	47
Histórico da área experimental .....	48
Condução do experimento.....	49
Análise da biomassa das forrageiras .....	51
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
Produtividades.....	54
Qualidade das forrageiras .....	58
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO 2. EFEITOS DO SISTEMA DE CONSÓRCIO SOJA SUPERPRECOCE – FORRAGEIRAS NO CARBONO, NITROGÊNIO TOTAL E MINERAL DO SOLO</b>	<b>71</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO 2. EFFECTS OF CONSORTIUM SYSTEM OF SOYBEAN SUPERPRECOCE - FORAGES NO CARBONO, NITROGÊNIO TOTAL E MINERAL DO SOLO.....</b>	<b>72</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>72</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>73</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>74</b>
Caracterização do experimento.....	74
Histórico da área experimental .....	76
Condução do experimento.....	77
Análises de solo .....	80
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>83</b>
Carbono orgânico .....	83
Nitrogênio total .....	85
Nitrogênio amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	87
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	88
Relação Nitrogênio mineral/Nitrogênio total (Nmin/Ntotal).....	92
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>99</b>



## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1.** Temperatura média mensal e precipitações pluviométricas acumuladas ao longo da safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....47

**Figura 2.** Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....48

### Capítulo 2

**Figura 1.** Temperatura média mensal e precipitações pluviométricas acumuladas ao longo da safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....75

**Figura 2.** Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....75

### Anexos

**Figura 1.** Plantio da soja superprecoce.....99

**Figura 2.** Sorgo forrageiro na entrelinha da soja.....99

**Figura 3.** Germinação da braquiária na entrelinha de soja.....100

**Figura 4.** Estabelecimento da braquiária após a colheita da soja.....100

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo antes da instalação do experimento.....	49
<b>Tabela 2.</b> Cronograma de atividades do experimento.....	51
<b>Tabela 3.</b> Produtividade da soja em sistema solteiro e em consórcio com as forrageiras.....	55
<b>Tabela 4.</b> Produtividade de matéria seca das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.....	57
<b>Tabela 5.</b> Teor de proteína bruta das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.....	58
<b>Tabela 6.</b> Fibra em detergente neutro (FDN) das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.....	60
<b>Tabela 7.</b> Fibra em detergente ácido (FDA) das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.....	61
<b>Tabela 8.</b> Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.....	62

### Capítulo 2

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo antes da instalação do experimento.....	77
<b>Tabela 2.</b> Cronograma de atividades do experimento.....	79

<b>Tabela 3.</b> Carbono orgânico do solo (g C kg <sup>-1</sup> solo) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.....	83
<b>Tabela 4.</b> Nitrogênio total do solo (g N kg <sup>-1</sup> solo) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio. ....	85
<b>Tabela 5.</b> Teor de amônio no solo (mg N kg <sup>-1</sup> solo) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.....	88
<b>Tabela 6.</b> Teor de nitrato no solo (mg N kg <sup>-1</sup> solo) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.....	91
<b>Tabela 7.</b> Relação nitrogênio mineral/nitrogênio total (%) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.....	92

## LISTA DE ABREVIACÕES

**ILP** – Integração lavoura-pecuária

**MS** – Matéria seca

**C/N** – Relação carbono/nitrogênio

**MO** – Matéria orgânica

**C** – Carbono

**C- org** – Carbono orgânico do solo

**N** – Nitrogênio

**N<sup>2</sup>** – Nitrogênio atmosférico

**FDN** – Fibra em detergente neutro

**FDA** – Fibra em detergente ácido

**DIVMS** – Digestibilidade in vitro da matéria seca

**N total** – Nitrogênio total do solo

**NH<sub>3</sub><sup>-</sup>** - Amônia

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** - Amônio

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** - Nitrato

**Nmin/Ntotal** – Relação nitrogênio mineral/nitrogênio total

# **SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA COM SOJA SUPERPRECOCE**

## **RESUMO**

Sistemas de integração lavoura-pecuária são uma opção interessante para a região Cerrado. Os objetivos desse trabalho foram verificar a viabilidade de produzir soja superprecoce com e sem o uso de redutor de crescimento, em consórcio com braquiária e sorgo, bem como a viabilidade de produção das forragens, além de analisar o efeito desses sistemas sobre os teores de carbono orgânico, nitrogênio total e nitrogênio mineral no solo. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados durante a safra 2012/2013. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso. O experimento se baseou no plantio da soja, cultivar superprecoce BRS 7580, e posteriormente na semeadura de sorgo forrageiro BRS 655 e braquiária BRS Piatã nas entrelinhas da soja. Para as análises de solo foram coletadas amostras nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm. Amostras de solo sob Cerrado foram utilizadas como referência. Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença estatística significativa entre as produtividades da soja nos tratamentos solteiro e consorciado. A braquiária solteira apresentou maior produção que os consórcios da mesma espécie. Não houve diferenças de produtividade do sorgo entre os tratamentos. O uso do redutor de crescimento não alterou a produtividade em nenhum dos sistemas. Maiores teores de proteína bruta foram apresentados pelos tratamentos com braquiária em consórcio com a soja. O tratamento com braquiária solteira apresentou maior FDN e FDA, e menor DIVMS que os tratamentos com sorgo forrageiro. Não houve diferenças significativas, em nenhuma das profundidades, entre os tratamentos consorciados e os em sistema solteiro para a quantidade de carbono orgânico e nitrogênio total. Para o teor de amônio, no geral, todos os tratamentos apresentaram uma distribuição uniforme. Não foi detectado nitrato no solo sob Cerrado. Os tratamentos em consórcio apresentaram maiores valores de nitrato do que os solteiros em todas as profundidades.

Palavras-chave: *Glycine max*, manejo do solo, consórcio, carbono orgânico do solo, nitrogênio total do solo.

# FORAGE SORGHUM AND BRACHIARIA IN CROP AND LIVESTOCK INTEGRATION WITH SOYBEAN SUPERPRECOCIOUS

## ABSTRACT

Crop and livestock integration presents an interesting option for Cerrado region. Different managements tend to alter soil properties. The objectives of this study were to assess the feasibility of producing superprecoce soybeans with and without the use of growth reducer, in consortium with brachiaria and sorghum, as well as the feasibility of production of forage and analyzing the effect of these systems on the carbon content organic, total nitrogen and mineral nitrogen in the soil. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados during the 2012/2013 season. The experimental design was a randomized block with seven replicates. The experiment was based on the planting of soybean cultivar superprecoce BRS 7580, and later sowing forage sorghum BRS 655 and pasture BRS Piatã between the lines of soybean. Soil samples were collected from the depths: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm. The soil under Cerrado was used as a reference area. Data were subjected to analysis of variance using the statistical program SISVAR, and means were compared by Tukey test at 5% probability. There was no statistically significant difference between the yields of soybeans in monoculture and intercropped treatments. Brachiaria cultivated without soybean showed higher yield than in consortium. There were no differences in productivity of sorghum among treatments. The use of growth reducer did not change in any of the systems. Higher crude protein contents were presented by treatments with brachiaria intercropped with soybean. Treatment with only brachiaria showed higher NDF and ADF, and IVDMD lower than the treatments with forage sorghum. There were no significant differences in any of the depths, between treatments and intercropping on single system to the amount of organic carbon and total nitrogen. For the content of ammonium, in general, all treatments showed a uniform distribution. Nitrate was not detected in the soil under Cerrado. Intercropping treatments showed higher nitrate than singles at all depths.

Key words: *Glycine max*, soil management, intercropped, soil organic carbon, soil organic nitrogen.

## INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária visa a sustentabilidade dos sistemas de produção, adotando técnicas de manejo adequadas. Segundo ALLEN et al. (2008), este sistema pode aumentar a ciclagem de nutrientes, reduzir a erosão do solo, melhorar o uso da água, interromper ciclos de pragas e doenças e diminuir os riscos ao produtor, pela diversificação das culturas.

Neste sistema uma das opções mais utilizadas é o consórcio entre uma cultura produtora de grãos e uma forrageira e o plantio das duas culturas é feito de forma simultânea, fazendo uso da aplicação de um herbicida em subdosagem na forrageira para que seu crescimento seja diminuído, reduzindo sua competição com a cultura de grãos (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Entretanto, o uso de reguladores de crescimento, em substituição ao herbicida, pode ser uma alternativa mais sustentável, pois a aplicação do herbicida causa a morte da planta, já o redutor apenas diminui o seu tamanho. Porém, faltam estudos a respeito da sua eficácia.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pertencente à família Fabaceae, é uma das culturas de maior importância econômica no mundo. É uma das principais fontes de proteína na alimentação humana e animal, gerando uma série de subprodutos, como óleo e o farelo de soja (PACOVA, 1992), constituindo uma opção interessante para ser utilizada no sistema de integração lavoura-pecuária.

O consórcio de culturas anuais, como a soja, com forrageiras como, braquiária ou sorgo forrageiro, trazem diversos benefícios. As pastagens, quando bem manejadas, melhoram a qualidade física, química e biológica do solo, pois estas são mais eficientes na reciclagem de nutrientes, reestruturação do solo, no armazenamento da água e na produção de matéria orgânica, comparada às culturas anuais (KLUTHCOUSKI et al., 2003). A lavoura também beneficia a pecuária, pois a pastagem aproveita os resíduos das adubações deixadas pelas lavouras, o que resulta na produção de forragem de melhor qualidade, recuperação da produtividade de pastagens, menor custo na implantação de uma nova pastagem, aumento da produtividade e maior ganho de peso dos animais (NASCIMENTO e CARVALHO, 2011). Entretanto, a semeadura das duas culturas ao mesmo tempo pode reduzir a produção da cultura de grãos em função da concorrência entre plantas.

As condições climáticas da região também devem ser levadas em consideração para a adoção do consórcio. No caso do Cerrado, a estação chuvosa é bem definida e se concentra entre os meses de outubro a abril em grande parte da região. Entretanto, em algumas áreas a estação chuvosa pode ser mais curta, dificultando a produção de uma segunda safra. Nesse cenário, o consórcio entre as culturas pode ser realizado, com o plantio da forrageira antes da floração da soja, para um melhor aproveitamento das chuvas pela forrageira.

Além da produtividade, os diferentes tipos de manejo adotados podem causar alterações nos atributos do solo, agindo diretamente na qualidade do solo. Diversos autores propuseram uma definição para qualidade do solo, entre elas a que essa pode ser entendida como a capacidade do solo em funcionar dentro dos limites do ecossistema e interagir positivamente com o meio externo (LARSON e PIERCE, 1994).

A qualidade do solo não pode ser mensurada diretamente, para isso devem ser utilizados indicadores de qualidade do solo (ANDREWS et al., 2004). Segundo Karlen et al. (1997) os indicadores podem ser definidos como alguma propriedade do solo ou da planta, a partir da qual é possível verificar a situação de um determinado ecossistema e as mudanças ocorridas nele. Os indicadores são classificados de diversas maneiras. Uma dessas classificações divide-os em atributos físicos, químicos e biológicos. Dentre os indicadores químicos estão a acidez do solo, o teor de nutrientes e o teor de matéria orgânica do solo (ARAÚJO et al., 2012).

O teor de carbono orgânico no solo é um atributo químico e através dele é possível verificar a sustentabilidade do sistema, e este é considerado um dos principais indicadores de qualidade do solo (JERKE et al., 2012). Além disso, alterações no teor de carbono no solo normalmente acarretam mudanças no teor de nitrogênio (CONANT et al., 2005).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para a produção agrícola. Este elemento é absorvido pelas plantas somente na forma inorgânica, amônio e nitrato, sendo que, normalmente, menos de 5% desse nutriente no solo se encontra na forma assimilável (WHIETHOLTER, 2000). Dessa forma, a concentração de nitrogênio total no solo, bem como suas formas minerais também são considerados indicadores químicos de qualidade do solo.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral:**

- Avaliar a viabilidade do consórcio soja superprecoce com braquiária e sorgo forrageiro, bem como os efeitos no carbono do solo, nitrogênio total e mineral do solo.

### **Objetivos específicos:**

- Avaliar a viabilidade de se produzir soja superprecoce com e sem o uso de redutor de crescimento, em consórcio com braquiária e sorgo.

- Avaliar a viabilidade do uso de redutor de crescimento em forragens consorciadas com soja superprecoce.

- Avaliar a viabilidade da produção de forragens em consórcio com a soja superprecoce.

- Avaliar os efeitos dos sistemas de cultivo sobre o teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e digestibilidade in vitro das forrageiras.

- Avaliar o efeito dos sistemas produtivos no carbono orgânico do solo, no nitrogênio total e mineral (amônio e nitrato) do solo.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, superado pela Amazônia. Possui uma área de 204 milhões de quilômetros quadrados, o que equivale a aproximadamente 22% do território nacional (SANO et al., 2008).

Segundo a classificação de Köppen, o clima do cerrado é o Aw, tropical chuvoso (SANO et al., 2008). A temperatura, em média, varia entre 21 e 27 °C. A precipitação média anual é de 1500 mm, com duas estações climáticas bem características, uma chuvosa, que vai de outubro a março, e outra seca, de abril a setembro (KLINK, 2005). Durante a estação chuvosa podem ocorrer curtos períodos de seca, denominados veranicos, onde se destaca a importância de práticas agrícolas adequadas (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Os solos predominantes neste bioma são os latossolos, que se caracterizam, principalmente, pela baixa fertilidade e alta acidez. Trata-se de solos antigos, profundos, com boa drenagem e que se localizam em relevos planos ou levemente ondulados (CUNHA, 1994). Por possuir uma topografia plana, ideal para cultivos, e também pela demanda de novas áreas agrícolas, a partir da década de 70 a região Cerrado começou a ser desmatada, e com isso houve a introdução de pastagens e culturas anuais na região (CARVALHO FILHO et al., 1998).

Segundo dados da Embrapa (2009b), a região possui 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 30 milhões em pastos naturais, 15 milhões de hectares de culturas anuais e 3,5 milhões de hectares de culturas perenes e florestais.

### Soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) cultivada atualmente é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na China. A soja foi introduzida no Brasil, via Estados Unidos, em 1882 e no início da década de 90, o Instituto Agrônomo de Campinas promoveu a primeira distribuição de sementes de soja para produtores paulistas e nessa mesma data têm-se registros do primeiro plantio de soja no Rio Grande do Sul (RS), onde a cultura encontrou condições para se

desenvolver, visto que as condições climáticas do Rio Grande do Sul eram semelhantes às dos Estados Unidos (EMBRAPA, 2003).

A partir dos anos 40 essa cultura adquiriu importância econômica, e em 1941 foi feito o primeiro registro estatístico nacional no Anuário Agrícola do RS, com área cultivada de 640 ha e produção de 450 ton. Na década de 60, a sua produção passou de 206 mil toneladas em 1960 para 1,056 milhão de toneladas em 1969, sendo que 98% desse volume era produzido na Região Sul. Esse crescimento se deveu, não apenas ao aumento da área plantada, mas também, ao expressivo incremento da produtividade graças às novas tecnologias (EMBRAPA, 2003).

Em 1970, menos de 2% da produção nacional de soja era colhida no Centro-Oeste, em 1980 esse percentual passou para 20% e, em 1990 já era superior a 40% (EMBRAPA, 2003). As previsões da área cultivada para a safra de 2012/2013, na região Centro-Oeste são de 12,78 milhões de hectares, e a produção de 38,09 milhões de toneladas (CONAB, 2013).

A soja constitui-se numa das commodities agrícolas mais importantes no mercado de grãos. De acordo com estimativas da CONAB (2013), a área plantada de soja na safra 2012/2013 ocupa 51,97% (27,72 milhões de hectares) da área total plantada com as principais culturas no país (algodão, amendoim, arroz, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, aveia, canola, centeio, cevada, trigo e triticale). A produção da soja registra crescimento de 22,7%, isto é, 15,08 milhões de toneladas superiores à produção da safra anterior, passando de 66,38 para 81,46 milhões de toneladas. A produtividade nacional atingiu a média de 2,94 ton ha<sup>-1</sup>.

A soja é considerada uma planta de dias curtos – noites longas, ou seja, para que ocorra o florescimento, é necessário que os dias tenham um número de horas de luz inferior a um determinado intervalo - fotoperíodo crítico. Fotoperíodo é a resposta do desenvolvimento das plantas ao comprimento do dia e o fotoperíodo crítico, específico de cada cultivar, é aquele suficientemente curto para induzir a florescimento da planta (DOS SANTOS et al., 2005).

Para se introduzir a soja para o Cerrado brasileiro foram necessários vários experimentos, até que fossem lançadas cultivares que se desenvolvessem bem nessa

região, pois o Cerrado se encontra em baixas latitudes, onde os dias são curtos, então as plantas floresciam sem terminarem de se desenvolver vegetativamente.

A solução encontrada para retardar o florescimento em condições de dias curtos foi o uso da característica período juvenil longo. Durante a fase juvenil, a soja não é induzida a florescer mesmo quando submetida a fotoperíodo indutivo bem curto, permitindo assim maior crescimento vegetativo. No período juvenil a planta não floresce, por não ser capaz de desencadear uma sequência bioquímica. Ao fim do período juvenil, dois dias curtos sensibilizam as folhas da planta, e acontece a diferenciação dos primórdios florais. A compreensão do comportamento da soja em resposta ao fotoperíodo e a manipulação do período juvenil, foram pontos fundamentais para o cultivo da soja em baixas latitudes (SPEHAR, 1995).

No início de 2011 foi divulgado pela Embrapa o lançamento de uma nova cultivar de ciclo superprecoce adaptada à região Cerrado. De acordo com o pesquisador responsável, Sebastião Pedro da Silva Neto, a variedade terá um ciclo 30% menor do que as variedades atuais, fatos esses que possibilitam ao produtor realizar mais de uma safra no ano, além de minimizar perdas por ataque de pragas e doenças (EMBRAPA, 2011).

### **Sorgo forrageiro**

A crescente procura do milho para alimentação humana e animal tem levado pesquisadores a procurarem formas alternativas para a alimentação de ruminantes. O sorgo forrageiro se apresenta como espécie promissora, pois possui boas características nutritivas, além do cultivo e o rendimento de forragem ser semelhante à cultura do milho (SILVA et al., 2005).

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta originária da África e os sorgos cultivados atualmente se originam provavelmente do silvestre *Sorghum bicolor subsp. arundinaceum* e a maior variação do gênero *Sorghum* se encontra no centro-oeste africano. O sorgo é uma planta autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada. Apresenta metabolismo C4, resposta fotoperiódica típica de dia curto. A grande maioria dos materiais genéticos comerciais de sorgo requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento (RODRIGUEZ, 2012).

O sorgo é uma planta adaptada ao processo de ensilagem, devido às suas características fenotípicas que determinam a facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento (NEUMANN et al., 2002), além de suas características nutricionais, pois ele apresenta alta concentração de carboidratos solúveis essenciais para adequada fermentação láctica (SILVA e RESTLE, 1993).

O uso da cultura de sorgo para silagem no Brasil surgiu a partir da introdução de variedades de porte alto, com alta produtividade de massa verde. O sorgo forrageiro, muitas vezes é preferido a um granífero, pois, apesar de possuir valor nutritivo geralmente inferior, apresenta alta produção, o que pode resultar em maior produção de nutrientes por unidade de área (NUSSIO e MANZANO, 1999).

O rendimento do sorgo forrageiro está relacionado com a altura de plantas, apresentando relação com as proporções de folhas, colmos e panículas (SILVA et al., 2005). Zago (1992) relata que os sorgos mais altos apresentam maiores rendimentos de matéria seca, porém menor valor nutricional, isso devido à maior percentagem de colmos em relação às folhas e panículas.

Os sorgos que possuem maior quantidade de grãos em relação à forragem proporcionam melhor qualidade de silagem (VILELA, 1985). A panícula é o componente da planta que define a qualidade da silagem, pois apresenta os maiores teores de proteína bruta e digestibilidade in vitro, e menores teores de FDN, FDA, celulose e lignina, quando comparada ao colmo e folhas (NEUMANN et al., 2002).

A utilização de sorgo na produção de forragem tem assumido papel importante nos últimos anos, pelo fato dessa cultura permitir mais de um corte, possibilitando menor custo da silagem e ser mais resistente a déficits hídricos (GARCIA e ANDRADE, 2001).

O sorgo tem comprovado poder de rebrota após o corte. Após esta prática as plantas irão rebrotar, podendo essa rebrota ser utilizada novamente (SILVA et al., 2000). O sorgo apresenta menor custo de produção, pois a realização de mais de um corte a partir de uma única semeadura proporciona uma economia no preparo do solo, semeadura, uso de sementes, além da possibilidade de uso mais intensivo da terra. Por

isso, pelas suas características de cultivo e valor nutritivo, tem sido estudado como sucedâneo ao milho (DIAS et al., 2001).

Alguns experimentos foram realizados com o objetivo de pesquisar a eficiência de se fazer dois cortes no sorgo forrageiro. Silva et al. (2000) pesquisando sobre essa eficiência do segundo corte, concluiu que o sistema de um corte é superior ao de dois cortes em termos de rendimentos de massa verde e matéria seca, porém foram observados maiores valores de proteína bruta total no sistema de dois cortes.

Outro fator que contribuiu para a intensificação do uso de sorgo é a estacionalidade da produção de pastagens. Os baixos índices de produtividade da pecuária nacional podem ser atribuídos a esse fator (SILVA et al., 2007). Segundo Zago (1991), a tolerância à seca faz do sorgo uma das espécies preferidas para o cultivo na safrinha. O sorgo forrageiro se torna uma boa opção devido a suas características xerofíticas e potencial adaptativo (LIRA et al., 1986).

A variedade BRS 655 é um híbrido de sorgo forrageiro desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo para produção de silagem de alta qualidade. Esta cultivar apresenta tolerância à seca, além de alta produtividade, sistema radicular profundo e alta qualidade nutricional da silagem. Possui ciclo de 90 a 100 dias, com silagem de alto teor de proteína bruta, alta digestibilidade in vitro e alta resistência ao acamamento (EMBRAPA, 2008).

### **Braquiária**

Um dos principais problemas da pecuária é a estacionalidade da produção de forragem, e isso ocorre devido à queda de temperatura e diminuição na precipitação pluviométrica. Nas regiões situadas em baixas latitudes não há grandes variações de temperatura durante o ano e a principal causa da estacionalidade é a irregularidade na precipitação pluviométrica; já nas regiões de latitudes mais elevadas, o principal fator climático responsável pela estacionalidade na produção é a baixa temperatura que praticamente paralisa o crescimento das forrageiras (ANDRADE, 2000).

No Cerrado essa estacionalidade é caracterizada pela baixa produção de forragem entre os meses de maio a outubro, sendo que um dos principais fatores relacionado com este vazio forrageiro é a redução da precipitação pluviométrica

(SANTOS et al., 1999). Assim, em razão da diminuição no crescimento das plantas, somente de 20 a 30% da produção anual de forragem ocorre nesse período, o que torna necessária a redução da taxa de lotação (MACHADO, 2012).

Segundo Euclides et al. (2007), no Brasil Central, na época das águas, verifica-se alta produção de forragem, sendo que para gramíneas do gênero *Brachiaria*, o acúmulo de matéria seca pode variar de 77 a 90% da produção anual (FERNANDES et al., 2010). Geralmente, a qualidade nutricional das forragens tropicais nas águas é considerada satisfatória, apresentando níveis aceitáveis de proteína e energia (EUCLIDES et al., 2007). Na época da seca, ocorre drástica redução de qualidade e produtividade de matéria seca das forragens tropicais (MACHADO et al., 2011a).

São conhecidas em torno de 10.000 espécies de gramíneas forrageiras. Dentre essa grande variedade, apenas uma pequena fração é utilizada no Brasil (CARVALHO et al., 2010). Na produção de pastagem, as braquiárias, em geral, têm se mostrado como plantas de elevado potencial de produção de matéria seca. Também apresentam alta capacidade de produção de raízes, o que proporciona uma área de maior absorção de nutrientes em solos de baixa fertilidade ou submetidos a estresses hídricos (VALLE et al., 2001).

Dentre as utilizadas no país, o gênero *Brachiaria* participa com cerca de 100 milhões de hectares. As três principais espécies são: *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex. A. Rich) Stapf (60 milhões de hectares), *Brachiaria decumbens* Stapf (30 milhões de hectares) e *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schwickt (10 milhões de hectares) (ANUALPEC, 2010).

A *Brachiaria brizantha* é uma forrageira que apresenta boa tolerância à seca e ao sombreamento, sendo tolerante ao ataque de cigarrinha, além de ter boa aceitabilidade pelos bovinos. Possui porte vigoroso, podendo atingir 2,5 metros de altura (FONSECA et al., 2010).

As plantas de capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) possuem crescimento ereto e cespitoso, de porte médio, com altura entre 0,85 m e 1,10 m. Também apresenta florescimento precoce, com grande acúmulo de folhas (VALLE et al., 2007). Tem-se observado que o cultivo da *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em

consórcio com a cultura da soja é viável, na semeadura de 20 ou 30 dias após a emergência, pelo ganho de massa seca da parte aérea inicial após a colheita da soja (MATA et al., 2011).

O problema da estacionalidade das forrageiras pode ser contornado com o uso de sistemas de integração lavoura-pecuária, pois neste sistema é possível aumentar temporariamente a área de pastagem durante a estação seca. Entre as várias opções que a integração lavoura-pecuária possibilita, há o consórcio de forrageiras e culturas para grãos (MACHADO et al., 2011b).

### **Consórcio de soja com forrageiras**

A demanda crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais, em contraposição à necessidade de redução de desmatamento e diminuição da emissão de gases de efeito estufa, requer soluções que sejam viáveis economicamente, sem comprometer os recursos naturais. A intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para isso. Neste contexto a integração lavoura-pecuária entra como uma opção de utilização no sistema de produção (BALBINO et al., 2011).

Vilela et al. (2011) destacam três modalidades de integração: 1. fazendas de pecuária, em que a cultura de grãos é introduzida em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos; 2. fazendas especializadas em lavouras de grãos, que utilizam forrageiras para melhorar a cobertura de solo em sistema plantio direto, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos; 3. fazendas que adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades.

Segundo Kluthcouski et al. (2003), a integração lavoura-pecuária (ILP) consiste em sistemas produtivos de grãos, fibra, carne, leite, lã, realizados na mesma área, em plantio consorciado, em sucessão ou rotacionado. Este sistema objetiva maximizar a utilização dos ciclos biológicos das plantas, animais, e seus respectivos resíduos, assim como efeitos residuais de corretivos e nutrientes, otimizar a utilização de agroquímicos, aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão de obra e visar a



sustentabilidade, possibilitando diluir os custos de produção e diversificar a renda do produtor.

A integração lavoura-pecuária é um sistema que repõe e mantém a matéria orgânica do solo e proporciona solos bem estruturados, o que leva a uma maior taxa de infiltração de água e, conseqüentemente, maior disponibilidade de nutrientes para os cultivos, além de reduzir o escoamento superficial, evita a erosão e poluição de rios (GUO e GIFFORD, 2002).

O consórcio de plantas anuais e forrageiras é uma técnica realizada há vários anos e consiste na prática de cultivo de duas ou mais culturas na mesma área visando aumentar a produtividade e a qualidade do produto obtido (ALCANTARA et al., 2011). O consórcio é adotado para antecipar o estabelecimento das pastagens, para que a forragem se desenvolva ainda durante o período chuvoso, principalmente em regiões onde há prolongado período seco, como na região Cerrado.

As leguminosas apresentam uma característica importante quando utilizadas no consórcio. Sua baixa relação C/N, que juntamente com a presença de compostos solúveis, favorece a decomposição e mineralização por microrganismos do solo, promove a ciclagem de nutrientes. Constituem uma importante fonte de nitrogênio ao solo por se associarem com bactérias que fazem a transformação do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) em amônia ( $NH_3^+$ ) no processo de fixação biológica de nitrogênio (SILVA et al., 2006).

No consórcio entre culturas são necessários manejos adequados para que a competição entre as mesmas não afete significativamente a sua produtividade. O uso de subdoses de herbicidas é muito utilizado. A semeadura atrasada da forrageira, em relação ao plantio da cultura de grãos, pode promover a redução da competição entre culturas (VILELA et al., 2011). Machado e Ceccon (2010) em experimento com consórcio de soja e pastagem comprovaram que o plantio da forrageira de 10 a 20 dias após a emergência da soja eliminou a competição da gramínea, e a produtividade da cultura não foi afetada. Reguladores de crescimento também estão sendo testados, com o objetivo de substituir o uso de herbicidas, por ser uma opção ecologicamente mais adequada.

## **Regulador de crescimento**

Os reguladores de crescimento são compostos sintéticos que agem como sinalizadores químicos no controle do crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de alterações celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de tecidos ou órgãos vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Os reguladores de crescimento que diminuem a estatura de plantas são normalmente antagonistas às giberelinas (RODRIGUES et al., 2003). Eles são capazes de afetar uma série de características, como redução do porte vegetal e da área foliar, além do aumento dos teores de clorofila, da espessura de folhas e do crescimento do sistema radicular (FLETCHER et al., 2000).

Reguladores de crescimento são muito utilizados na cultura do trigo para o controle do acamamento, atuando no controle da estatura das plantas através da diminuição dos níveis do ácido giberélico (DAVIES, 1987). Esse produto também é utilizado nas culturas do algodão, da cana-de-açúcar para o controle do tombamento, mas ainda não se conhece o efeito desse produto como substituto de herbicida em subdosagem para diminuir a competição entre as plantas no sistema de integração lavoura-pecuária.

O regulador de crescimento trinexapac etil reduz os níveis do ácido giberélico ativo e aumenta o teor do seu precursor imediato (DAVIES, 1987). A diminuição desse ácido leva à inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

Moddus é o nome comercial de um regulador de crescimento que possui o trinexapac etil como ingrediente ativo. Quando aplicado, este produto atua na planta seletivamente, reduzindo a giberelina ativa, diminuindo assim o ritmo de crescimento, sem alterar as taxas fotossintéticas e a gema apical. Para a cultura do trigo, o regulador de crescimento deve ser aplicado no período de alongação da planta, quando ela está com aproximadamente 25 a 35 cm, em uma única aplicação.

Motter (2007) em experimento com trigo no Paraná concluiu que o uso de trinexapac etil foi eficiente para o controle do acamamento sem alterar a produtividade da cultura. Kappes et al. (2011) também não constataram influências do uso de

reguladores na população final de plantas, número de sementes por vagem e massa de mil sementes de plantas de crotalária.

Vários estudos ainda precisam ser realizados para verificar se a utilização de redutor de crescimento em substituição ao herbicida, porém o redutor pode ser uma opção que traz menos danos ao sistema, devido ao fato desse produto apenas causar uma diminuição no porte das plantas, em contraposição ao herbicida, que ocasiona a morte das plantas.

## **Indicadores químicos de qualidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária**

### **Qualidade do solo e indicadores químicos de qualidade**

A qualidade do solo foi definida por Doran e Parkin (1994), como sendo a capacidade do solo em desempenhar diversas funções em um ecossistema, de forma a resistir à erosão, suportar a produção de animais e plantas, bem como manter ou aumentar a qualidade do ar e da água. Em resumo, a qualidade do solo é a integração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que proporciona ao mesmo desempenhar suas funções de maneira plena (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Diversos métodos estão sendo estudados e defendidos para analisar a qualidade do solo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009). Um dos métodos utilizados por diversos pesquisadores se baseia no uso de atributos indicadores (DORAN e PARKIN, 1994). De acordo com Doran e Zeiss (2000), um bom indicador deve estar relacionado com as funções do solo, e ser sensível às modificações que os diferentes tipos de manejo causam no solo.

Os indicadores podem ser divididos em três categorias. Os efêmeros se referem às modificações que ocorrem em pequeno espaço de tempo, ou são modificados pelo manejo adotado, como a umidade, o pH. Aqueles atributos que são inerentes ao solo, como textura, mineralogia, profundidade, são classificados como permanentes. Existem também os indicadores intermediários que são o carbono orgânico, a biomassa microbiana, entre outros (ISLAM e WEIL, 2000). Doran e Parkin (1994) separaram os indicadores em atributos físicos, químicos e biológicos. Dentre os atributos químicos

pode-se citar o carbono orgânico, nitrogênio total e nitrogênio mineral (amônio e nitrato).

### **Carbono no solo**

A matéria orgânica é constituída pelo produto da decomposição de resíduos animais e vegetais e do metabolismo microbiano (COSER, 2013), sendo que a taxa de decomposição depende das características de cada material, além da interação entre a parte mineral e biológica do solo (URQUIAGA et al., 2006). A MO serve como fonte de nutrientes para as plantas e microrganismos, atua na agregação e infiltração de água no solo e, na capacidade de troca catiônica. O carbono representa 58% de sua constituição (COSER, 2013), por isso a importância de se analisar o teor de carbono orgânico presente no solo.

O carbono entra no sistema através da atividade fotossintética das plantas, e sua perda é através da erosão do solo e oxidação microbiana da matéria orgânica. O uso e manejo do solo, por meio das espécies utilizadas, adubação, preparo do solo, restos culturais, modificam a entrada e saída deste elemento do solo (LAL e BRUCE, 1999). As mudanças no teor de carbono no solo frequentemente ocasionam alterações no teor de nitrogênio (CONANT et al., 2005).

As maiores taxas de decomposição da matéria orgânica ocorrem devido às perturbações físicas do solo, o que leva ao rompimento dos macroagregados, expondo-a aos ataques de microrganismos (ZINN et al., 2005), sendo que os processos de perda são minimizados pelo não revolvimento do solo (BAYER et al., 2000a).

Sistemas de produção que promovam um aumento do teor de matéria orgânica no solo vêm sendo considerados como os mais sustentáveis (MIELNICZUK et al., 2003). A partir da análise do carbono orgânico é possível verificar a sustentabilidade do sistema, podendo considerar este atributo como um dos principais indicadores de qualidade do solo (JERKE et al., 2012).

### **Dinâmica do nitrogênio no solo**

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais essenciais ao desenvolvimento das plantas, o que o faz ser um dos nutrientes mais limitantes à produtividade das culturas (REIS et al., 2006). O solo é um importante reservatório deste elemento (BORGES et

al., 2007). Sua entrada no sistema agrícola se faz por meio da adubação e fixação biológica, e a remoção pelas culturas, erosão, lixiviação e desnitrificação são as principais formas de perda deste nutriente do solo (SISTI et al., 2004).

A maior parte do nitrogênio no solo está na forma orgânica, presente na matéria orgânica, em outras moléculas ou como parte de organismos vivos (EMBRAPA, 2010). Quando esse nutriente está na forma orgânica há uma diminuição das perdas do mesmo por lixiviação ou desnitrificação (VARGAS et al., 2005). A matéria orgânica constitui o maior reservatório de N total no solo, e grandes quantidades desse nutriente exigidas pelas culturas pode ser suprida pela mineralização da MO (MENGEL, 1996).

A transformação de nitrogênio orgânico para N mineral é feita pelo processo de mineralização, onde ocorre a transformação da forma orgânica para amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) por microrganismos heterotróficos em condições redutoras (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003), e posteriormente ocorre a nitrificação, que é a oxidação do N amoniacal a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). A nitrificação acontece em duas etapas. Na primeira o amônio é convertido em nitrito por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, e na segunda etapa o nitrito é oxidado a nitrato por bactérias do gênero *Nitrobacter* (SCHIMIDT, 1982). A mineralização do N orgânico pode ser utilizada como um indicador da disponibilidade desse nutriente para as plantas (VETTERLEIN e HUTTL, 1999).

O amônio, por ter cargas positivas, permanece no solo adsorvido pelas cargas negativas, enquanto que o nitrato, por possuir cargas elétricas negativas, é repellido pela superfície das partículas do solo, ficando em solução, sendo assim muito móvel e suscetível à lixiviação (RAIJ, 1991).

As transformações de nitrogênio orgânico em inorgânico são feitas por microrganismos, e esses são influenciados por diversos fatores, tais como umidade, temperatura, acidez, mineralogia do solo, teor de nutrientes (BAYER, 1996). O processo de nitrificação necessita de condições ambientais favoráveis para que possa ocorrer. O processo é maximizado em temperatura entre 25 e 40 °C (SCHIMIDT, 1982), ele decresce em pH abaixo de 6,0 e é praticamente insignificante com pH abaixo de 4,5 (ADAMS e MARTIN, 1984). A biomassa microbiana, as características do substrato e a umidade também interferem na nitrificação (FISK e SCHMIDIT, 1995).

A quantidade de nitrogênio que circula no cerrado diferencia-se das florestas tropicais, pois no cerrado, devido a alta relação C/N há uma baixa nitrificação (NARDOTO; BUSTAMANTE, 2003). Baixas taxas de nitrificação em uma área de cerrado típico, ou seja, com predomínio de amônio no solo, indica sistemas mais conservacionistas (DAVIDSON et al., 2000).

### **Qualidade do solo e o sistema de integração lavoura-pecuária**

Sistemas de produção, como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária, que mantêm os resíduos vegetais sobre a superfície do solo e reduzem seu revolvimento, podem promover aumento do armazenamento de carbono no solo (SALTON et al., 2011). Sistemas de rotação de culturas que incluem espécies que produzem uma grande quantidade de biomassa, com elevada relação C/N, também são fundamentais para a preservação da matéria orgânica (BAYER et al., 2000b).

Na região Cerrado, as pastagens quando são bem manejadas, tendem a manter o acúmulo de matéria orgânica no solo. De maneira geral, as forrageiras acumulam mais carbono no solo do que as demais culturas (EMBRAPA, 2009a). As pastagens, por apresentarem diferentes quantidades de massa e nutrientes, podem adicionar diferentes quantidades de carbono e nitrogênio ao solo (LOPES et al., 2009).

Salton et al. (2004) realizaram experimento no Mato Grosso do Sul, no qual foi avaliada a capacidade dos sistemas de manejo do solo alterarem os estoques de carbono no solo. Foram comparados sistemas com lavoura de soja, aveia em sistema solteiro, rotação soja-braquiária, pastagens permanentes e área de Cerrado nativo. Os maiores valores de carbono orgânico foram encontrados nos sistemas com pastagem, em comparação aos exclusivamente com lavouras, e isso pode estar associado ao elevado aporte de material vegetal proporcionado pelas pastagens. Os autores obtiveram no Cerrado  $54,0 \text{ mg ha}^{-1}$  de estoque de carbono na camada 0-20 cm, e nos solos com lavoura houve uma redução entre  $46,3$  e  $50,5 \text{ mg ha}^{-1}$ , e nos sistemas com pastagem este teor chegou a  $58,6 \text{ mg ha}^{-1}$ .

Loss et al. (2011) encontraram maiores teores de carbono e nitrogênio no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária utilizando milho e braquiária em comparação a sistemas com lavouras solteiras. Mas, ao se comparar com áreas de

Cerrado, os sistemas agrícolas obtiveram menores valores. Costa Junior et al. (2011) encontraram 38,93 g kg<sup>-1</sup> de carbono na camada 0-5 cm em solo de cerrado e 21,25 g kg<sup>-1</sup> em solo com pastagem.

Sistemas de produção como o ILP, em que há o consórcio de forrageiras e gramíneas, propiciam o aumento de matéria orgânica no solo e isso influencia diretamente nos teores de nutrientes mineralizados, ou seja, o manejo do solo utilizado pode causar mudanças no nitrogênio total do solo com consequentes mudanças no nitrogênio mineral, amônio e nitrato (BUSO e KLIEMANN, 2003).

Kosuge et al. (1994) analisaram os teores de nitrogênio total em solos do Cerrado e encontraram teores de 100 a 180 mg de nitrogênio por 100 gramas de solo na camada 0-15 cm.

São escassos os trabalhos científicos que quantificaram os teores de nitrato e amônio nos solos da região Cerrado. Nardoto e Bustamante (2003) encontraram uma maior quantidade de nitrogênio mineral na forma de amônio em solos do Cerrado, em comparação com os teores de nitrato. Já D'Andréa et al. (2004) obtiveram maior quantidade de nitrato em solos plantados com culturas anuais e maiores teores de amônio em solos de Cerrado nativo e sob pastagem. Estes dados sugerem que em sistemas mais conservacionistas predominam os teores de amônio no solo, e em solos mais perturbados a maior quantidade é de nitrato.

Siqueira Neto et al. (2010) em experimento realizado no Paraná, analisaram os teores de nitrogênio inorgânico no solo em sistemas de plantio convencional e em plantio direto. Os autores encontraram maiores valores de nitrato no solo em comparação ao amônio para todos os tratamentos e observaram também uma maior nitrificação em resíduos com maior quantidade de nitrogênio em sua composição. Rembon e Mackenzie (1997) observaram que os resíduos de soja aumentaram as quantidades de nitrato no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F.; MARTIN, J. B. Liming effects on nitrogen use and efficiency. In: HAUCK, R. D. (Ed.). Nitrogen in crop production. **American Society of Agronomy**, p.417-426, 1984.

ALLEN, V.G.; BROWN, C. P.; SEGARRA, E.; GREEN, C. J.; WHEELER, T. A.; ACOSTA-MARTINEZ, V.; ZOBECK, T. M. In search of sustainable agricultural systems for the Llano Estacado of the U.S. Southern High Plains. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Amsterdam, v.124, n.1-2, p.3-12, 2008.

ANDRADE, M. S. de. **Produção de bovinos em pastagem irrigada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 23p.

ANDREWS, S.S.; KARLEN, D.L.; CAMBARDELLA, C.A. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.1945-1962, 2004.

ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2010. 360p.

ARAÚJO, E. A. de; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ALCANTARA, H. P.; REZENDE, P. M. de; CARVALHO, E. R.; PASSOS, A. M. A. dos; BOTREL, E. P. Consórcio sorgo-soja. Cortes, épocas de semeadura e cultivares de soja na produção de forragem. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.116-124, 2011.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIM NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v.54, p.101-109, 2000a.



BAYER, C.; MIELNICZUK, J; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.599-607, 2000b.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p.

BORGES, W. L., SILVA, C. E. de R. e; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio de acessos de amendoim com estirpes nativas de rizóbios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, p.32-37, 2007.

BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.2, p.97-105, 2003.

CARVALHO, P. C. F.; SANTOS, D. T. dos; GONÇALVES, E. N.; MORAES, A. de; NABINGER, C. Forrageiras de clima temperado. In: FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A. (Ed). **Plantas forrageiras**. UFV. Viçosa, 2010. p.494-530.

CARVALHO FILHO, A de; MOTTA, P. E. F. da; CHAGAS, C. da S.; KER, J. C.; BLANCANEUX, P.; CARVALHO JUNIOR, W. de; AMABILE, R. F.; COSTA, L. D. da; PEREIRA, N. R. A cobertura pedológica e as interações com as rochas, o relevo e a cobertura vegetal. In: BLANCANEUX, P. **Interações ambientais no Cerrado**: microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil. EMBRAPA – SPI; EMBRAPA – CNPS, 1998. p.69-143.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_10\\_16\\_14\\_32\\_01\\_boletim\\_portugues\\_-\\_setembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf)>. Acesso em: 10 de janeiro de 2014.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; DEL GROSSO, S. J.; PARTON, W. J. Nitrogen pools and fluxes in grassland soil sequestering carbon. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.71, p.239-248, 2005.

COSER, T. R. Eficiência do uso de nitrogênio e propriedades do solo em milho sob sistemas de monocultura e consorciado com forrageiras. **Tese** (Doutorado em Agronomia), Universidade de Brasília, 2013. 133p.

COSTA JUNIOR, C.; PICCOLO, M. de C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B. de; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e  $\delta^{13}\text{C}$  em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1241-1252, 2011.

CUNHA, A. S. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados**. Brasília, IPEA, 1994. 204p.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DAVIDSON, E.A.; KELLER, M.; ERICKSON, H.E.; VERCHOT, L.V.; VELDKAMP, E. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. **Bioscience**, v.50, n.8, p.667-680, 2000.

DAVIES, P. J. Plant hormones and their role in plant growth and development. **Kluwer Academic**, p.1-23, 1987.

DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; FERREIRA, M. de A.; LIRA, M. de A.; SAMPAIO, I. B. M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.2086-2092, 2001.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America**, p.3-22, 1994.

DORAN, J. W. e ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, p.3-11, 2000.

DOS SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; PIRES, J. L.; TOMM, G. O. **Eficiência de soja cultivada em modelos de produção sob sistemas sistema plantio direto**. Embrapa Trigo, 2005. 248p.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. **Soja superprecoce: alternativa para plantio em todas as épocas**, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade>>. Acesso em: 18/02/13.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Análise de nitrato e amônio em solo e água. Embrapa Milho e Sorgo. Documento 114, 2010. 55p.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Integração lavoura, pecuária e floresta, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpq.org.br/arquivos/integlavpecflo.pdf>>. Acesso em 15/01/2014a.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Apresentação. (2009). Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade/apresentacao/>>. Acesso em: 17/02/13b.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. BRS 655 - Híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade. Circular técnica 107, 2008. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/2008/circular/Circ\\_107.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/2008/circular/Circ_107.pdf)>. Acesso em: 20/01/2014.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Embrapa Soja. Sistema de produção da soja, 1, 2003.

EUCLIDES, V. P. B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R. N. OLIVEIRA, M. P. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basiliks e Marandu, na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.273-280, 2007.

FERNANDES, L. O.; REIS, R. A.; PAES, J. M. V. Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Agrotécnica**, v.34, n.1, p.240-248, 2010.

FISK, M.C. e SCHMIDT, S.K. Nitrogen mineralization and microbial biomass nitrogen dynamics in three alpine tundra communities. **Soil Science Society of America Journal**, v.59, p.1036-1043, 1995.

FLETCHER, R.A.; GILLEY, A.; SANKLA, N.; DAVIS, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews**, v.24, p.55-138, 2000.

FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2010. 537p.

GARCIA, R.; ANDRADE, C. M. S. Sistemas silvipastoris na Região Sudeste. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 2001. p.173-187.

GUO, L.B.; GIFFORD, R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, v.8, p.345-360, 2002.

ISLAM, K.R. e WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil Water Conservation**, v.55, p.69-78, 2000.

JERKE, C.; SOUZA, D. M. G. de; GOEDERT, W. J. Distribuição do carbono orgânico em Latossolo sob manejo da adubação fosfatada em plantio direto no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.3, p.442-448, 2012.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; GITTI, D. de C.; ALCADE, A. M. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.4, p.508-518, 2011.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 580p.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Efeitos nocivos do manejo inadequado da adubação no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

KOSUGE, N.; SUHET, A. R.; BURLE, M. L.; LINHARES, N. W. Avaliação do potencial de suprimento de nitrogênio em um solo de Cerrado. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico do projeto nipo-brasileiro de cooperação em pesquisa agrícola nos Cerrados 1987/1992**, 1994. p.347-362.

LAL, R.; BRUCE, J. P. The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. **Environmental Science Pollution**, v.2, p.177-185, 1999.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society American**, v.35, 1994. p.37-52.

LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M.R.A. de; MACIEL, G.A.; FREITAS, E.V. de; ARCOVERDE, A.S.S.; LEIMING, G. Comportamento de novas progênies de sorgo forrageiro para o semi-árido pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.11, p.1239-1246, 1986.

LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. F.; ANHINONI, I.; SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. Q.; FLORES, J. P. C. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1499-1506, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; DOS ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

MACHADO, L. A. Z. Misturas de forrageiras anuais e perenes para sucessão à soja em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.629-636, 2012.

MACHADO, P. A. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F.; PINA, D. dos S.; PAIXÃO, M. L. Parâmetros nutricionais e produtivos em bovinos de corte a pasto alimentados com diferentes quantidades de suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1303-1312, 2011a.

MACHADO, L.A.Z.; BALBINO, L.C.; CECCON, G. Integração lavoura-pecuária-floresta. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 45p. (Embrapa Agropecuária Oeste. **Documentos**, 110)b.

MACHADO, L. A. Z.; CECCON, G. Sistemas integrados de agricultura e pecuária. In: PIRES, A.V. (Ed.). Bovinocultura de corte. **Piracicaba: FEALQ**, v.2, p.1401-1462, 2010.

MATA, J. F.; ERASMO, E. A. L; SIEBENEICHLER, S. C.; SARAIVA, A. de S.; GONÇALVES, R. C. Análise de crescimento da Brachiária em diferentes densidades e épocas de semeadura em consórcio com a cultura da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.4, n.3, p.7-17, 2011.

MENGEL, K. Turnover of nitrogen in soil and its availability to crops. **Plant and Soil**, v.181, n.1, p.83-93, 1996.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMAS, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, 2003. p.209-248.

MOTTER, L. Influência da adubação nitrogenada e de etil trinexapac no crescimento e produtividade do trigo. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Oeste de Paraná, 2007. 49p.

NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.8, p.955-962, 2003.

NASCIMENTO, R. S.; CARVALHO, N. L. de. Integração lavoura-pecuária. **Monografias ambientais**, v.4, n.4, p.828-847, 2011.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDOTES, L.; PEIXOTO, L. A. de O. Avaliação de diferentes híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.302-312, 2002.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos: alimentaçõesuplementar, 7, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, p.27-46, 1999.

PACOVA, B. E. V. Análise genética de progênes segregantes de soja apropriada para o consumo humano. **Tese** (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1992.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. **Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p.501-531, 2000.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, **Associação Brasileira para a pesquisa do potássio e do fosfato**, 1991. 343p.

REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v.65, p.163-171, 2006.

REMBON, F. S.; MACKENZIE, A. F. Soybean nitrogen contribution to corn and residual nitrate under conventional tillage and no-till. **Canadian Journal of Soil Science**, v.77, p.543-551, 1997.

RODRIGUEZ, J. A. S. Sistema de produção do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo, **Sistema de produção 2**, 6 ed., 2012.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. Redutores de crescimento. **Circular técnica** 14, 2003.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.153-156, 2008.

SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da frequência de pastejo sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.244-249, 1999.

SCHIMIDT, E. L. Nitrification in soil. In: STEVENSON, F. J. **Nitrogen in agricultural soils**. Am. Soc. Agron., Madison, 1982. p.253-288.

SILVA, A. G. da; BARROS, A. S.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação agrônômica de cultivares de sorgo forrageiro no sudoeste do estado de Goiás em 2005. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.116-127, 2007.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOL, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da. Estratégias de manejo e cobertura de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.1011-1020, 2006.

SILVA, A. G.; ROCHA, V. S.; CECON, P. R.; PORTUGAL, A. F.; PINA FILHO, O. C. Avaliação dos caracteres agrônômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termofotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.28-44, 2005.

SILVA, A. G.; REZENDE, P. M. de; ANDRADE, L. A. de B.; EVANGELISTA, A. R. Consórcio sorgo-soja. Produção de forragem de cultivares de soja e híbridos de sorgo, consorciadas na linha, em dois sistemas de corte. **Ciência Rural**, v.30, n.6, p.933-939, 2000.



SILVA, L.C.R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, v.30. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.467.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; VENZKE FILHO, S. de P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, n.4, p.923-936, 2010.

SISTI, C. P. J.; dos SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.76, p.39-58, 2004.

SPEHAR, C. R. Impact of strategic genes in soybean on agricultural development in the Brazilian tropical Savannahs. **Field Crops Research**, v.41, p.141-146, 1995.

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

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; CAMPOS, D. V.; BODDEY, R. M. Aplicação de técnicas de  $^{13}\text{C}$  em estudos de sequestro de C em solos agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. **Gênesis**, 2006. p.13-33.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v.11, n.2, p.28-30, 2007.

VALLE, C. B. do; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. **Anais do 17º Simpósio sobre manejo da pastagem**, p.133-176, 2001.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

VETTERLEIN, D.; HÜTTL, R. F. Can applied organic matter fulfill similar functions as soil organic matter? Risk-benefit analysis for organic matter application as a potential strategy for rehabilitation of disturbed ecosystems. **Plant and Soil**, v.213, p.1-10, 1999.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

VILELA, D. Sistema de consorciação de forragem. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1985. 15p. (Embrapa-CNPGL. **Boletim Pesquisa**, 11).

WHIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.58, p.38-42, 2000.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: Manejo cultural do sorgo para forragem. **Circular Técnica**, Embrapa/CNPMS, n.17, p.9-26, 1997.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-218.

ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.84, p.28-40, 2005.

# CAPÍTULO 1.

## AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DA BIOMASSA E DA QUALIDADE DE SORGO FORRAGEIRO E BRAQUIÁRIA CULTIVADOS EM SISTEMA SOLTEIRO E EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE

### RESUMO

Sistemas de integração lavoura-pecuária se mostram cada vez mais uma opção interessante para diversificar a produção e diminuir os riscos causados pela baixa precipitação volumétrica que ocorre na região Cerrado durante o inverno. Os objetivos desse trabalho foram verificar a viabilidade de produzir soja superprecoce com e sem o uso de redutor de crescimento, em consórcio com braquiária e sorgo, bem como a viabilidade de produção das forragens. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados durante a safra 2012/2013. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com sete blocos, constituindo as repetições. O experimento se baseou no plantio da soja, cultivar superprecoce BRS 7580, e posteriormente na semeadura de sorgo forrageiro BRS 655 e braquiária BRS Piatã nas entrelinhas da soja. Foi avaliada a produtividade de grãos da soja, em sistema solteiro e em consórcio, com uso ou não de redutor de crescimento, bem como a produtividade da braquiária e do sorgo, em consórcio ou solteiro. Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença estatística significativa entre as produtividades da soja nos diferentes tratamentos. A braquiária solteira apresentou maior produtividade que os consórcios da mesma espécie. Não houve diferenças na produtividade de matéria seca de sorgo entre os tratamentos. O uso do redutor de crescimento não alterou a produtividade em nenhum dos sistemas. Maiores teores de proteína bruta foram apresentados pelos tratamentos com braquiária em consórcio com a soja. O tratamento com braquiária solteira apresentou maior FDN e FDA, e menor DIVMS que os tratamentos com sorgo forrageiro. O uso ou não de redutor de crescimento não afetou na digestibilidade dessas forrageiras.

Palavras chave: qualidade de forragem, produtividade, *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, sorgo forrageiro.

# **EVALUATION OF BIOMASS YIELD AND QUALITY OF FORAGE SORGHUM AND BRACHIARIA IN MONOCULTURE AND IN CONSORTIUM WITH SOYBEAN SUPERPRECOCIUS**

## **ABSTRACT**

Crop and livestock integration show an increasingly attractive option to diversify production and reduce risks caused by low precipitation that occurs in the Cerrado region during the winter. The objectives of this study were to assess the feasibility of producing superprecoce soybean cultivar with and without the use of growth reducer, in consortium with brachiaria and sorghum, as well as the feasibility of production of forage. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados during the 2012/2013 season. The experimental design was a randomized block with seven replicates. The experiment was based on the planting of soybean cultivar BRS superprecoce 7580, and later in the sowing of forage sorghum BRS 655 and pasture BRS Piata between the lines of soybean. Grain yield of soybean in sole and intercropping system, with or without use of growth reducer was assessed as well as the productivity of brachiaria and sorghum, in consortium or single. Data were subjected to analysis of variance using the statistic program SISVAR, and means were compared by Tukey test at 5% probability. There was no significant difference between the soybean yields in the different treatments. A single brachiaria showed higher yield than one in consortium. There were no differences in dry matter yield of sorghum among treatments. The use of growth reducer did not change yield in any of the systems. Higher crude protein contents were presented by treatments with brachiaria intercropped with soybean. Treatment with single brachiaria showed higher NDF and ADF, and IVDMD lower than the treatments with forage sorghum. The use or not of growth reducer did not affect the digestibility of these forages.

Key words: forage quality, yield, *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, sorghum.

## INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui 204 milhões de hectares, ocupando cerca de 25% do território brasileiro (SANO et al., 2008). O clima predominante nessa região é o tropical sazonal, com precipitações médias anuais entre 1200 e 1800 milímetros (mm). Uma característica marcante é a presença de duas estações do ano bem distintas, uma com inverno seco e outra de verão chuvoso. As precipitações apresentam uma grande estacionalidade, concentrando entre os meses de outubro a março (MARCUIZZO et al., 2012).

É muito comum nessa região a ocorrência de períodos de seca em meio à estação chuvosa, chamados de veranico. Devido a esse grande período de estiagem se torna necessário a procura por alternativas de sistemas de produção que promovam mais estabilidade e rentabilidade para o produtor, ou seja, que ele adote um sistema de produção onde os riscos climáticos sejam minimizados, e ainda consiga produzir mais de uma safra por ano, diluindo ainda mais os prejuízos que possa vir a ter se estivesse com um único cultivo ao ano.

Sistemas de produção como os de integração lavoura-pecuária (ILP) podem ser utilizados para esse fim. Dentre os benefícios do ILP estão a possibilidade de recuperação de pastagens degradadas, menor incidência de pragas, doenças e plantas invasoras, maior rentabilidade e diversificação para o produtor, além de maximizar o uso da terra, infra estrutura e mão de obra (LUNARDI, 2005).

O sistema ILP pode ser adotado por meio da sucessão, rotação ou consorciação das culturas (ALVARENGA et al., 2006) e o consórcio entre soja e forrageiras pode ser uma opção para esse sistema.

Diversos experimentos já foram realizados consorciando soja com forrageiras, principalmente com espécies do gênero *Brachiaria*, porém ainda há uma inconsistência nos resultados. De acordo com Vilela et al. (2011), este consórcio é possível de se realizar, mas não é uma operação fácil, pois diversas situações podem prejudicar a produção do grão e da forragem.

Kluthcouski e Aidar (2003) obtiveram bons resultados para o consórcio entre culturas e forrageiras quando se utilizou herbicidas em subdosagem. Machado e Ceccon

(2011) observaram que a soja sofreu pouca competição quando consorciada com gramíneas de baixo porte e crescimento inicial lento. Estes mesmos autores concluíram que o plantio da forrageira, 10 a 20 dias após a emergência da soja, diminuiu a competição entre as culturas. Outra opção seria a produção da gramínea em safrinha, após a colheita da soja, se as condições da região permitir isso (MACHADO e ASSIS, 2010).

A variedade de soja superprecoce, que possui um ciclo aproximadamente 30% menor que o das outras cultivares, foi desenvolvida para a região de Cerrado para que se possa plantar uma segunda safra ainda durante o período chuvoso (EMBRAPA, 2011). Uma opção que aproveitaria ainda mais o período de chuvas da região seria o consórcio da soja superprecoce com forrageiras. A braquiária e o sorgo são opções interessantes devido à sua alta produção de matéria seca, além de serem mais eficientes na reciclagem de nutriente, no armazenamento de água, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2003). O plantio da forrageira consorciado com a cultura é feito cerca de um mês após o plantio da soja, pois diminuiria a competição entre as culturas, além da forragem aproveitar melhor o período chuvoso. Porém estudos ainda precisam ser feitos para testar a viabilidade dessa opção.

O método mais utilizado no ILP é a aplicação de um herbicida em subdosagem em uma das culturas para que não ocorra uma competição muito grande entre ambas. Produtos que substituem os herbicidas necessitam ser testados e que não afetem o meio ambiente. O uso de reguladores de crescimento pode vir a ser uma alternativa viável.

O sistema pecuário cada vez mais procura por alimentos de alto valor nutricional e menor custo, com o objetivo de aumentar o desempenho animal e, conseqüentemente, seu lucro (RABELO et al., 2010). Uma forrageira de alta qualidade nutricional deve fornecer nutrientes em quantidades suficientes para suprir a demanda nutricional, levando a melhorias na produção animal (FARIA FILHO, 2012).

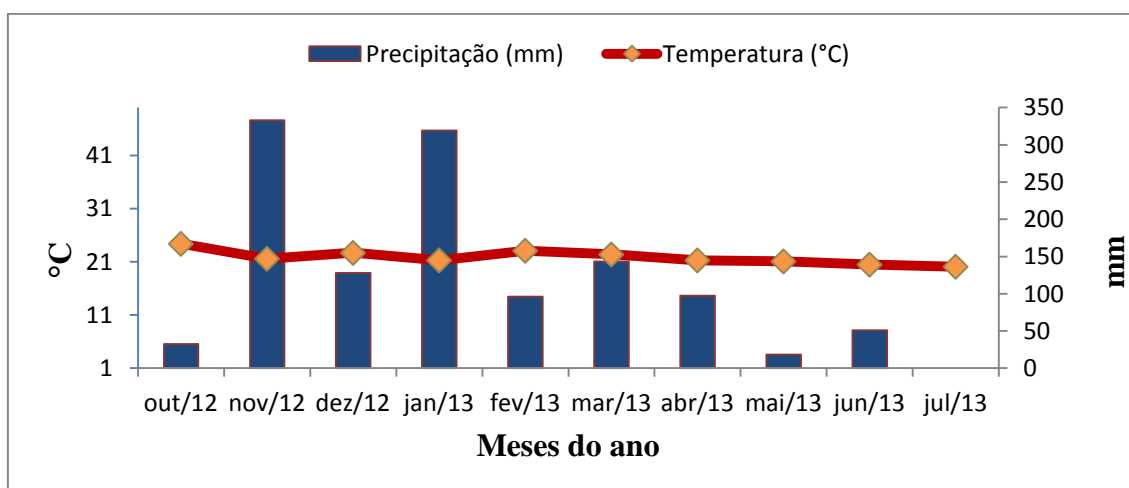
Diante do exposto, os objetivos desse trabalho são estudar a viabilidade de produzir soja superprecoce com e sem o uso de redutor de crescimento, em consórcio com braquiária e sorgo, bem como a viabilidade de produção das forragens.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do experimento

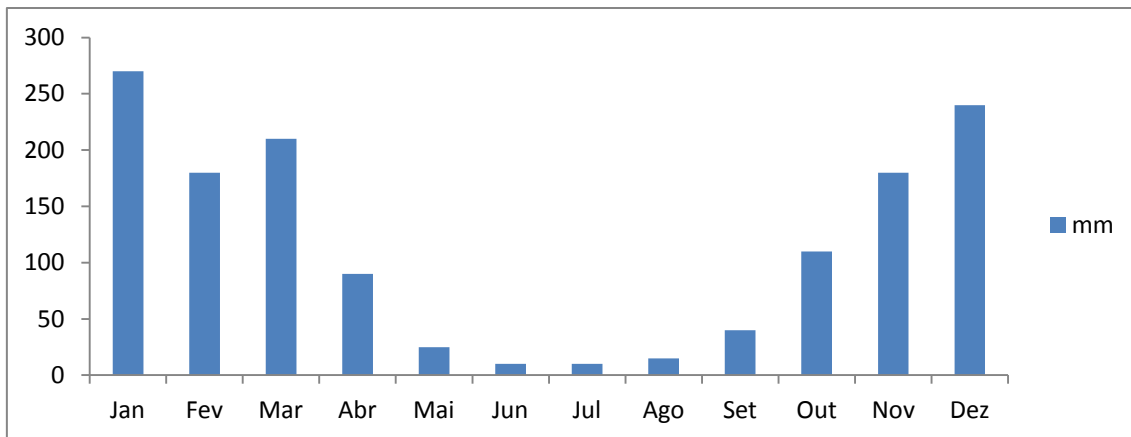
O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados (Planaltina-DF), localizada na BR 020, Km 18 e delimitada pelas coordenadas geográficas 47°54'10''W e 15°43'52''S. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é Aw (tropical estacional), com precipitação média anual de 1570 mm e temperatura média anual de 21,3 °C (ADÁMOLI et al., 1986).

Os dados climatológicos de temperatura e precipitação referentes aos meses de outubro de 2012 a julho de 2013, que compreende o período do experimento estão dispostos na figura 1.



**Figura 1.** Temperatura média mensal e precipitações pluviométricas acumuladas ao longo da safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

A distribuição de chuva nos anos de 2012 e 2013 foi bastante atípica, em comparação com a média histórica da região (Figura 2). Nos meses de dezembro de 2012, fevereiro e março de 2013 as precipitações pluviométricas acumuladas foram de 127, 96 e 143 mm respectivamente, enquanto que os dados da média histórica para a região são de aproximadamente 250, 175 e 200 mm para os respectivos meses. Além da baixa precipitação, nesta safra agrícola ocorreram dois fortes veranicos. O primeiro entre os dias 16 de dezembro de 2012 e 05 de janeiro de 2013, e o segundo entre os dias 7 de fevereiro e 14 de março de 2013.



**Figura 2.** Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com sete repetições. A cultivar de soja superprecoce foi plantada em novembro de 2012 e, aos 30 dias após o plantio foram semeados o sorgo forrageiro ou a braquiária nas estrelinhas. Os tratamentos foram os seguintes: 1. Soja solteira sem redutor de crescimento; 2. Soja solteira com redutor de crescimento; 3. Braquiária solteira sem redutor de crescimento; 4. Sorgo forrageiro solteiro sem redutor de crescimento; 5. Consórcio soja – braquiária sem redutor de crescimento; 6. Consórcio soja – braquiária com redutor de crescimento; 7. Consórcio soja – sorgo forrageiro sem redutor de crescimento; 8. Consórcio soja - sorgo forrageiro com redutor de crescimento; 9. Sorgo forrageiro em safrinha.

Os blocos foram implantados entre filas de árvores de nativas. As espécies nativas utilizadas foram angico vermelho (*Anadenanthera colubrina var. cebil*), cedro (*Cedrela fissilis*), guapuruvu (*Schizolobium parahybae*), jequitibá (*Cariniana estrellensis*) e mogno (*Swietenia macrophylla*). O plantio das mudas foi realizado de janeiro a março de 2009. O espaçamento foi de 12 metros entre linhas e 4 metros entre plantas. As mudas foram obtidas por meio de sementes do viveiro da Embrapa Cerrados, com adubação de 150 gramas/cova de NPK 8-20-15.

### **Histórico da área experimental**

Antes do plantio da soja a área experimental havia sido cultivada com sorgo, que foi dessecado, e sua palhada foi mantida na área.



O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. Antes da implantação do experimento foi realizada a análise química do solo da área (Tabela 1). A coleta de solo foi feita em todos os blocos, na camada 0-20 cm, com o auxílio de um trado. Foram coletadas 10 amostras simples para formar uma amostra composta, e estas foram analisadas no Laboratório de Química Analítica de Solos da Embrapa Cerrados.

**Tabela 1.** Análise química do solo antes da instalação do experimento.

<b>Característica<sup>(1)</sup></b>	<b>Média</b>
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,14
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,65
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,42
pH (H <sub>2</sub> O)	5,50
P (mg dm <sup>-3</sup> )	5,00
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,36
Matéria orgânica (g dm <sup>-3</sup> )	40,8

<sup>(1)</sup> Atributos avaliados segundo metodologia da Embrapa (1997).

### **Condução do experimento**

A soja superprecoce, variedade BRS 7580, pertence ao grupo de maturidade relativa 7.5 e é pouco exigente em fertilidade do solo. Possui resistência ao acamamento e apresenta boa precocidade ideal para o sistema soja/milho safrinha (EMBRAPA, 2014). A cultura foi plantada, mecanicamente, no dia 21 de novembro de 2012 e as sementes apresentaram valor cultural de 90%, espaçamento de 50 centímetros e 20 plantas/metro. Foi feita a inoculação da semente de soja com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 500 gramas de inoculante para cada 60 kg de semente. A adubação foi feita no plantio, aplicando 420 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 0-20-20.

No dia 12 de dezembro de 2012 as parcelas foram demarcadas, cada uma com 12 m<sup>2</sup> (3 x 4 metros). No início de janeiro foi aplicado glifosato na dose de 1,5 l ha<sup>-1</sup> na área para o controle das plantas daninhas antes do plantio das demais culturas.

Nos dias 7 e 8 de janeiro de 2013 foram plantadas manualmente a braquiária e o sorgo forrageiro. A cultivar de *Brachiaria brizantha* utilizada foi BRS Piatã, com valor cultural de 50%. Foram utilizados 0,014 kg de semente/parcela. Foram feitos 3 sulcos nas entrelinhas de soja para o plantio da braquiária e as sementes jogadas a lanço. Esta variedade possui hábito de crescimento ereto, formando touceiras de 0,85 a 1,10 metro. É indicado para solos de média fertilidade, possui resistência a cigarrinhas, possui bom valor nutritivo (VALLE et al., 2007).

A cultivar de sorgo forrageiro utilizada foi a BRS 655, e foram utilizadas 17 sementes/metro. Foi feito um sulco na entrelinha da soja para o plantio do sorgo. Esta cultivar é um híbrido simples, com ciclo de 100 a 110 dias, altura de plantas de 250 cm, possui resistência a estiagem, ao acamamento, alto potencial de produção de massa verde (FUNDAÇÃO TRIÂNGULO, 2009).

Nos dias 18 e 19 de janeiro de 2013 foi feita a adubação das parcelas de sorgo. Foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-30-16 e uma adubação adicional de 80 kg ha<sup>-1</sup> de uréia. No dia 7 de fevereiro aplicou-se o redutor de crescimento nas parcelas designadas, utilizando-se 500 ml ha<sup>-1</sup> do produto. No dia 21 de março de 2013 foi realizada a adubação de cobertura nas parcelas de sorgo forrageiro e braquiária, utilizando 100 kg ha<sup>-1</sup> de uréia. No dia 28 de março de 2013, foi realizado o plantio do sorgo forrageiro em safrinha nas parcelas plantadas com soja em sistema solteiro. A variedade utilizada foi a BRS 655, e foi feita adubação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-30-16. No dia 15 de abril foi feita a adubação de cobertura, com 80 kg ha<sup>-1</sup> de uréia.

No início de abril de 2013 a soja foi colhida manualmente, trilhada e os grãos foram pesados. A colheita da soja poderia ter sido antecipada, porém devido a problemas técnicos aconteceu um atraso na colheita da mesma.

Nos dias 5 e 6 de maio as plantas de sorgo forrageiro e braquiária foram colhidas com o auxílio de uma roçadeira manual. Foi feita a pesagem do total úmido em campo e uma pequena amostra foi armazenada em saco de papel, devidamente identificado, e então levada para a estufa a 65 °C por 72 horas para secagem, e posteriormente pesada. No final de maio também foi colhido o sorgo forrageiro em safrinha, adotando as mesmas práticas de colheita anteriormente descritas.

Todas as atividades realizadas na condução do experimento estão descritas na tabela 2.

**Tabela 2.** Cronograma de atividades do experimento.

<b>DATA</b>	<b>ATIVIDADE</b>
09/2012	Coleta de solo para caracterização da área experimental
21/11/2012	Plantio da soja superprecoce
12/12/2012	Demarcação das parcelas
03/01/2013	Aplicação de herbicida nas parcelas
07 e 08/01/2013	Plantio manual das forrageiras
18 e 19/01/2013	Adubação das forrageiras
07/02/2013	Aplicação de redutor de crescimento
21/03/2013	Adubação de cobertura das forrageiras
28/03/2013	Plantio do sorgo forrageiro safrinha
01, 02 e 03/04/ 2013	Colheita da soja
05 e 06/05/2013	Colheita das forrageiras
17/05/2013	Coleta do solo nas áreas do experimento e do Cerrado para análises de carbono e nitrogênio
25/05/2013	Coleta do solo nas áreas de sorgo safrinha para análises de carbono e nitrogênio
31/05/2013	Colheita do sorgo forrageiro safrinha

### **Análise da biomassa das forrageiras**

#### **Produtividade de matéria seca**

Para as análises de produtividade de matéria seca foram colhidas as áreas centrais de cada parcela, com dimensão de 9 m<sup>2</sup>, para evitar o efeito de bordadura. No

campo, foi feito o corte, a 15 cm do solo, de todas as plantas, com uma roçadeira manual. Toda a parcela foi pesada úmida no campo. Da amostra total foi retirada uma subamostra, que também foi pesada úmida, e esta subamostra foi então levada para a estufa a 65 °C por 72 horas para secagem, e posteriormente pesada em balança analítica.

### **Análises de qualidade da forragem**

As análises realizadas foram: proteína bruta; fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Química Analítica de plantas da Embrapa Cerrados.

Antes das análises todas as amostras, após secas em estufa a 65 °C foram moídas em moinho com peneira de 2 mm.

### **Proteína bruta**

O nitrogênio total foi quantificado pelo método de Kjeldahl (BREMNER e MULVANEY, 1982). Foram pesadas 0,2 g de matéria seca e estas foram colocadas em tubos de ensaio identificados. Adicionaram-se 0,8 g de mistura catalítica, composta de 20 gramas de sulfato de potássio  $K_2SO_4$  e 2 gramas de sulfato de cobre pentahidratado triturado e homogeneizado e 3 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Os tubos foram colocados em um bloco digestor a 350 °C por 45 minutos. Após este período, as amostras foram retiradas do bloco e depois de resfriarem foi acrescentado 1 ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Foram colocados, então 10 ml de água destilada em cada tubo.

A destilação foi feita com a adição de 20 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 13M e recebida em frasco de erlenmeyer contendo 10 ml de ácido bórico a 2% até o volume de 40 ml. O destilado foi titulado com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0,025M.

O nitrogênio total foi determinado pela equação:

$$N \text{ (g kg}^{-1}\text{)} = (V_{\text{ácido}} - V_{\text{branco}}) \times M_{H_2SO_4} \times 28 / \text{peso ASA}_{(g)}$$

Onde:

$M_{H_2SO_4}$ : molaridade da solução de ácido sulfúrico

Vácido: volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gasto na titulação da amostra

Vbranco: volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gasto na titulação do branco

ASA: massa de amostra seca a 60 °C

Para o cálculo da proteína bruta multiplicou-se o valor encontrado pelo fator de correção 6,25.

### **Fibra em Detergente Neutro (FDN)**

As análises de fibra em detergente neutro foram realizadas de acordo com o método de Van Soest (1991).

Para o preparo da solução detergente neutro foi diluída em água destilada, Lauril, sulfato de sódio, etileno glicol, EDTA dissódico, borato de sódio deca-hidratado e o fosfato ácido de sódio anidro.

Foi pesado 0,5 g da amostra, e a mesma colocada em saquinhos de TNT. Os saquinhos foram levados para o equipamento específico onde foram adicionados 3 litros da solução supracitada, e o aparelho calibrado a temperatura de 95 °C por 1 hora. Após este período os saquinhos foram lavados com água destilada e acetona, e então secos na estufa a 105 °C por 12 horas e pesados para obter assim a FDN pela diferença de peso.

### **Fibra em Detergente Ácido (FDA)**

As análises de fibra em detergente ácido foram realizadas de acordo com o método de Van Soest (1991).

A análise de FDA é uma sequência da de FDN. Após os saquinhos terem sido pesados para a obtenção da FDN, os mesmos foram levados novamente ao aparelho e adicionando a solução detergente ácido formada por água destilada, ácido sulfúrico e detergente catiônico.

Esta mistura foi submetida à ebulição por 60 minutos. Após esse procedimento as amostras foram lavadas com água destilada e acetona, e secas a 105 °C por 12 horas, em seguida os saquinhos foram pesados, para obter assim a FDA pela diferença de peso.

### **Digestibilidade in vitro da Matéria Seca (DIVMS)**

A digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foi determinada pelo método de Tilley e Terry (1963). Foram pesados 0,5 g de amostra e colocados em tubo ensaio

identificados. Aos tubos de ensaio foi adicionada uma solução (saliva artificial) formada por água destilada, bicarbonato de sódio, fosfato de sódio dibásico, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de sódio, uréia e glicose. Essa mistura foi calibrada a pH 6,8.

Foi utilizado líquido ruminal colhido do animal doador. Aos tubos de ensaio com a amostra foram adicionados 40 ml da solução acima, 10 ml de líquido ruminal e injetado CO<sub>2</sub>, sendo tais tubos fechados e levados para uma incubadora por 48 horas. Após este período foram adicionados aos tubos 1 ml de solução de ácido clorídrico 6N e 5 ml de pepsina, e as amostras foram levadas novamente à incubadora por mais 24 horas.

No dia seguinte as amostras foram depositadas em cadinhos filtrantes e seccionadas por uma bomba a vácuo, e estes levados à estufa a 105 °C por 12 horas e em seguida pesados. A DIVMS foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ DIVMS} = (A - B) / A \times 100$$

Em que:

A = pesos da amostra seca x MS/100

B = resíduo seco (tubo com amostra + líquido ruminal) - Branco (tubo incubado apenas com líquido ruminal sem amostra).

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Produtividades**

#### **Produtividade da soja**

Não houve diferenças significativas na produtividade da soja em sistema solteiro

ou em consórcio com braquiária ou sorgo forrageiro (Tabela 3) e a produtividade esteve entre 2,19 e 2,86 ton ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Produtividade da soja em sistema solteiro e em consórcio com as forrageiras.

Tratamento	Produtividade (ton ha <sup>-1</sup> )
Soja solteira com redutor	2,81a <sup>(1)</sup>
Soja solteira sem redutor	2,60a
Soja + sorgo forrageiro com redutor	2,85a
Soja + sorgo forrageiro sem redutor	2,86a
Soja + braquiária com redutor	2,23a
Soja + braquiária sem redutor	2,19a
CV (%)	22,00

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05)

Pereira et al. (2011) em trabalho realizado em Alagoas avaliaram a produtividade da soja e da braquiária consorciadas sob diferentes tipos de manejo, sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto e os autores também constataram que a forrageira não influenciou na produtividade da soja. A não redução da produtividade da soja pode ser devido ao bom desenvolvimento inicial que as culturas anuais possuem ao serem consorciadas com forrageiras, exercendo assim uma alta competição com as forrageiras (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Os mesmos autores encontraram maior produtividade no sistema de plantio direto, que foi de 3,66 ton ha<sup>-1</sup>. A diferença de produtividade encontrada por esses autores em relação à encontrada nesta pesquisa pode ser explicada pela diferença entre as cultivares usadas em cada trabalho. No experimento de Pereira et al. (2011) eles usaram uma variedade de ciclo longo, enquanto que a utilizada neste trabalho foi uma cultivar precoce.

Pariz et al. (2009) realizaram experimento no Mato Grosso do Sul onde consorciaram milho e braquiária. Eles também não observaram diminuição da produtividade do milho quando comparado ao sistema solteiro dessa cultura. Kluthcouski e Aidar (2003) também obtiveram resultados semelhantes, onde a produção

do grão de milho não foi afetada pela forrageira. Estes autores concluíram que uma possível explicação para que isto ocorra é a aplicação em subdosagem do herbicida, sendo que este produto não causa grandes prejuízos à forrageira e ainda diminui a competição com a lavoura.

O uso ou não de redutor de crescimento também não alterou na produtividade da soja indicando que este produto pode ser utilizado para diminuir a competição da cultura com a forrageira, sem prejudicar a produção da lavoura.

### **Produtividade das forrageiras**

Com relação à produtividade das forrageiras, houve diferença entre os tratamentos (Tabela 4). A braquiária em sistema solteiro apresentou maior produtividade que os demais tratamentos (8,20 ton ha<sup>-1</sup>). O consórcio dessa cultura com a soja, com ou sem redutor de crescimento, contribuiu para a diminuição da produtividade em 77 e 82% respectivamente (1,86 e 1,45 ton ha<sup>-1</sup>).

O sorgo e a braquiária pertencem ao grupo de plantas C4, ou seja, suportam níveis de radiação solar elevados o que implica em altas taxas fotossintéticas com consequente aumento da produtividade (LANDAU et al., 2008). No consórcio das forrageiras com a soja, pode ter ocorrido o efeito do sombreamento das gramíneas pela soja, que não afetou a produção do sorgo, mas reduziu de maneira significativa a produção de matéria seca da braquiária. Além disso, pode ter ocorrido competição por água pela braquiária e por nutrientes.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Mata et al. (2011) em experimento realizado em Tocantins, onde os autores avaliaram o crescimento de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em diferentes épocas de semeadura sob consórcio com a soja. Foi observado que houve menores ganhos de massa seca no sistema consorciado em relação ao sistema solteiro. Isto pode ter sido provocado principalmente pela competição por luz entre as culturas no estágio inicial de desenvolvimento da gramínea (ARGENTA et al., 2001).



**Tabela 4.** Produtividade de matéria seca das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.

Tratamento	Produtividade (ton ha <sup>-1</sup> )
Sorgo solteiro	3,35bc <sup>(1)</sup>
Soja + sorgo forrageiro com redutor	3,27bc
Soja + sorgo forrageiro sem redutor	3,35bc
Sorgo em safrinha	3,92b
Braquiária solteira	8,20a
Soja + braquiária com redutor	1,86c
Soja + braquiária sem redutor	1,45c
CV (%)	32,36

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05)

Pereira et al. (2011) em experimento consorciando soja e braquiária, também observaram menor produtividade de matéria seca da forragem em consórcio do que em sistema solteiro, usado apenas como testemunha. A diminuição da produtividade foi atribuída ao sombreamento da soja na braquiária (KLUTHCOUSKI et al. 2000). Os valores de produtividade de braquiária encontrados por esses autores foram inferiores aos encontrados nessa pesquisa. No consórcio eles obtiveram 0,389 ton ha<sup>-1</sup> de matéria seca, e no sistema solteiro 1,11 ton ha<sup>-1</sup>, enquanto que neste trabalho obteve produtividade entre 1,45 e 1,86 ton ha<sup>-1</sup> no consórcio.

Entre os tratamentos de sorgo em sistema solteiro, em consórcio com a soja e sorgo em safrinha, não houve diferenças estatísticas significativas na produção de matéria seca. Ao se comparar os sistemas de consórcio do sorgo e da braquiária, não houve diferença significativa (Tabela 4).

O uso ou não do redutor de crescimento também não afetou na produtividade do sorgo e da braquiária (Tabela 4). Este resultado pode ser devido à dose utilizada do produto (500 ml ha<sup>-1</sup>), dose esta recomendada para diminuir o acamamento na cultura do trigo. Como ainda não existem estudos utilizando o redutor de crescimento no sistema de ILP, esta dose pode ter sido baixa, o que não provocou alterações na

produtividade das forrageiras.

## Qualidade das forrageiras

### Teor de proteína bruta

Quanto ao teor de proteína bruta das forrageiras os tratamentos com braquiária em consórcio com a soja, com ou sem redutor de crescimento, apresentaram os maiores teores de proteína bruta em comparação ao sistema solteiro e os demais tratamentos. Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos com sorgo forrageiro (Tabela 5). O uso ou não do redutor de crescimento na cultura da soja não alterou os dados de proteína bruta.

**Tabela 5.** Teor de proteína bruta das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.

Tratamento	Proteína bruta (%)
Sorgo solteiro	8,05b <sup>(1)</sup>
Soja + sorgo forrageiro com redutor	9,41b
Soja + sorgo forrageiro sem redutor	9,30b
Sorgo em safrinha	9,03b
Braquiária solteira	8,90b
Soja + braquiária com redutor	12,28a
Soja + braquiária sem redutor	14,01a
CV (%)	11,59

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey ( $p < 0,05$ )

Em experimento realizado no Mato Grosso do Sul, Euclides et al. (2009) analisaram a qualidade de diferentes espécies de *Brachiaria*, entre elas a *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. Foram encontrados valores de proteína bruta entre 7,3 e 9,5 % na época da seca e das águas respectivamente. Os valores encontrados no presente trabalho nos tratamentos de consórcio soja+braquiária se mostraram superiores aos encontrados por Euclides et al. (2009).

Do ponto de vista do consumo animal, de acordo com Van Soest (1994), o intervalo entre 6 e 8% de proteína bruta é considerado crítico, onde há uma diminuição

da eficiência microbiana e na degradação da fibra. Nenhum dos valores encontrados no presente trabalho se encontram neste intervalo, porém os tratamentos de consórcio soja+braquiária se mostraram com maior teor que os demais.

Von Pinho et al. (2007) realizaram experimento em Minas Gerais, e encontraram valores de proteína bruta para a cultura do sorgo forrageiro entre 7,0 e 9,0 %, valores estes semelhantes aos do presente trabalho, que variaram 8,0 e 9,40 % (Tabela 5). De acordo com Keplin e Santos (1996), se a utilização do sorgo for para silagem, o teor de proteína bruta deve estar entre 7,1 a 8,0 % para a mesma ser considerada de boa qualidade.

### **Fibra em detergente neutro (FDN)**

A fibra em detergente neutro se refere à fração do alimento insolúvel em meio neutro, e é essa fração de alimento que exerce maior influência sobre o consumo animal e a digestibilidade (VAN SOEST, 1965). O consumo de matéria seca está relacionado com a concentração de FDN na forragem, por isso quanto maior o teor de FDN, menor o consumo de matéria seca, e isso se deve ao maior espaço ocupado no rúmen (DETMANN et al, 2003).

O tratamento com braquiária solteira apresentou maior FDN que os tratamentos com sorgo forrageiro, mas não houve diferenças entre o sistema solteiro e o consórcio da braquiária com soja (Tabela 6).

Em experimento realizado no Mato Grosso do Sul, Euclides et al. (2009) analisaram a qualidade de diferentes espécies de *Brachiaria*, entre elas a *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. Foram encontrados valores de FDN entre 73,8 e 75,8 % na época da seca e das águas respectivamente. O valor encontrado no presente trabalho para o sistema solteiro é semelhante aos encontrados pelos autores, porém os valores do consórcio são menores.

Von Pinho et al. (2007), analisaram diversas cultivares de sorgo forrageiro e encontrou valores de FDN de 45,8%, valores inferiores aos encontrados no presente trabalho. Eles acreditam que, possivelmente, estes pequenos teores sejam devido a maior proporção de panículas na matéria seca em comparação com as proporções de

colmo e folha. Resende (2001) encontrou teor de FDN de 60,4 %, valor mais próximo ao do presente trabalho.

**Tabela 6.** Fibra em detergente neutro (FDN) das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.

Tratamento	Fibra em detergente neutro (FDN)
Sorgo solteiro	67,20b <sup>(1)</sup>
Soja + sorgo forrageiro com redutor	65,76b
Soja + sorgo forrageiro sem redutor	66,64b
Sorgo em safrinha	65,91b
Braquiária solteira	73,79a
Soja + braquiária com redutor	68,60ab
Soja + braquiária sem redutor	68,57ab
CV (%)	3,79

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05)

### **Fibra em detergente ácido (FDA)**

O teor de FDA se refere à concentração de lignina, celulose, hemicelulose e outros compostos que estão na parede celular, e estes complexos afetam negativamente a sua degradação (BONA FILHO e CANTO, 2008).

Com relação ao teor de FDA, o tratamento com braquiária solteira apresentou maiores valores de fibra em relação ao sistema consorciado com braquiária e sorgo. Os tratamentos com consórcio de braquiária e sorgo não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 7).

**Tabela 7.** Fibra em detergente ácido (FDA) das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.

Tratamento	Fibra em detergente ácido (FDA)
Sorgo solteiro	39,97ab <sup>(1)</sup>
Soja + sorgo forrageiro com redutor	37,67bcd
Soja + sorgo forrageiro sem redutor	38,25bc
Sorgo em safrinha	35,67cd
Braquiária solteira	41,06a
Soja + braquiária com redutor	35,05d
Soja + braquiária sem redutor	37,14d
CV (%)	4,50

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05)

Neumann et al. (2010), em experimento realizado no Rio Grande do Sul, analisaram o teor de FDA em um híbrido de sorgo forrageiro e encontraram valores entre 37,90 a 39 % e estes foram semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

De acordo com Nussio et al. (1998), forragens que possuem teores de FDA em torno ou acima de 40 %, apresentam baixa digestibilidade, o que leva a uma redução no consumo. Com exceção dos tratamentos com sorgo forrageiro solteiro e braquiária solteira, todos os demais apresentam valores abaixo de 40 %, o que pode ser uma vantagem dos sistemas consorciados em relação aos solteiros.

Santos (2012) trabalhou com diferentes espécies de braquiária em sistema silvipastoril. Foram encontrados valores semelhantes de FDA, em torno de 38 %. A diferença entre os teores de FDA no sistema solteiro e consorciado com braquiária pode ser devido ao sombreamento que as plantas em consórcio sofreram. De acordo com Kephart e Buxton (1993) o sombreamento diminui a disponibilidade de fotoassimilados usados na formação da parede celular, o que leva a uma redução nos teores de fibra.

#### **Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS)**

A digestibilidade da matéria seca está relacionada com a concentração de FDA, e possui um comportamento contrário aos teores de FDN (MEDEIROS et al., 2007). A

DIVMS também está relacionada com o consumo de matéria seca, por isso quanto maior o teor de digestibilidade, maior o consumo de forragem (SILVA e PEDREIRA, 1997).

De acordo com Van Soest (1994), a digestibilidade das forrageiras diminui de acordo com o seu desenvolvimento. À medida que a planta se desenvolve há um aumento na concentração de lignina e carboidratos estruturais, o que gera uma redução na digestibilidade da mesma (CEDEÑO et al., 2003).

**Tabela 8.** Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) das forrageiras em sistema solteiro e em consórcio com a soja.

Tratamento	Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS)
Sorgo solteiro	66,03bc <sup>(1)</sup>
Soja + sorgo forrageiro com redutor	65,16c
Soja + sorgo forrageiro sem redutor	65,95c
Sorgo em safrinha	71,52a
Braquiária solteira	55,13d
Soja + braquiária com redutor	67,26bc
Soja + braquiária sem redutor	69,09ab
CV (%)	2,85

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05).

O sorgo em safrinha apresentou maior DIVMS do que os demais tratamentos com sorgo. Não houve diferenças entre os sistemas solteiro e consorciado dessa forrageira. A braquiária solteira obteve menor digestibilidade em relação aos tratamentos em consórcio. O uso ou não de redutor de crescimento não afetou na digestibilidade dessas forrageiras (Tabela 8).

De acordo com Van Soest (1994), valores de DIVMS em torno de 65 % são indicadores de forragem com bom valor nutritivo. Somente o tratamento com braquiária solteira apresenta valor abaixo de 65 % (Tabela 8), e isto pode demonstrar o potencial do uso do consórcio dessa forrageira com soja, em contraposição ao seu cultivo solteiro.

Machado et al. (2014) realizaram experimento em Minas Gerais avaliando o teor de DIVMS da cultivar de sorgo forrageiro BRS 655, a mesma utilizada neste experimento e encontraram valores entre 53,0 a 55,9 %, valores estes bem abaixo dos encontrado no presente trabalho.

Velásquez et al. (2010), em experimento realizado em São Paulo analisou o valor nutritivo da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e observaram que a digestibilidade in vitro diminuiu de acordo com os estágios fisiológicos mais avançados. O mesmo ocorreu no presente trabalho, pois apesar dos tratamentos com braquiária terem sido cortados no mesmo dia, o sistema solteiro apresentava-se em estágio mais avançado, devido ao fato deste não ter sofrido competição com a cultura da soja, principalmente por luz.

No geral, o tratamento de braquiária solteira apresentou altos teores de FDN e FDA (Tabelas 6 e 7), o que corrobora com Medeiros et al. (2007) e Alves de Brito et al. (2003), que concluíram que estes componentes fibrosos estão relacionados negativamente à digestibilidade. Krutzmann et al. (2014), também observou este antagonismo entre o teor de fibras e a DIVMS em experimento realizado com *Brachiaria brizantha*.

## CONCLUSÕES

Não houve diferença estatística significativa entre as produtividades da soja nos diferentes tratamentos.

O consórcio de soja com sorgo forrageiro e braquiária, bem como o uso ou não do redutor de crescimento não alteraram a produtividade da soja.

Os sistemas de consórcio do sorgo forrageiro e da braquiária não apresentaram diferenças significativas de produtividade entre si.

A braquiária solteira apresentou maior produtividade que os consórcios da mesma espécie.

Não houve diferenças de produtividade de matéria seca entre os tratamentos com sorgo forrageiro.

O uso do redutor de crescimento não alterou a produtividade de matéria seca das forrageiras em nenhum dos sistemas.

Os tratamentos com braquiária em consórcio com a soja, com ou sem redutor de crescimento, apresentaram os maiores teores de proteína bruta em comparação ao sistema solteiro e os demais tratamentos.

O tratamento com braquiária solteira apresentou maior FDN que os tratamentos com sorgo forrageiro.

Com relação ao teor de FDA, o tratamento com braquiária solteira apresentou maiores valores de fibra em relação ao sistema consorciado com braquiária e sorgo.

A braquiária solteira obteve menor digestibilidade em relação aos tratamentos em consórcio. O uso ou não de redutor de crescimento não afetou a digestibilidade dessas forrageiras.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC/ São Paulo: Nobel, p.33-74, 1986.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Circular Técnica 80**, 2006. 13p.

ALVES DE BRITO, C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Perfil químico da parede celular e suas implicações na digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.8, p.1835-1844, 2003.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas de milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

BONA FILHO, A.; CANTO, M. W. **Qualidade nutricional das plantas forrageiras**. Disponível em: <<http://www.fundepecpr.org.br/tev/forrageira.asp>>. Acesso em: 30 de maio de 2014.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*. **American Society of Agronomy**, v.2, p.595-624, 1982.

CEDEÑO, J. A. G.; ROCHA, G. P.; PINTO, J. C.; MUNIZ, J. A.; GOMIDE, E. M. Efeito da idade de corte na performance de três forrageiras do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.2, p.462-470, 2003.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C de; CECON, P. R.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. de CAMPOS; CABRAL, L. da M. F. S.; LANA, R. de P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1763-1777, 2003.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Cultivares de soja para o Cerrado, 2014. Disponível em: <<http://www.snt.embrapa.br/produtos>>. Acesso em: 15/07/14.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. **Soja superprecoce: alternativa para plantio em todas as épocas**, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade>>. Acesso em: 18/02/13.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. ; VALLE, C. B. Do ; DIFANTE, G. Dos S. ; BARBOSA, R. A. ; CACERE, E. R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.98-106, 2009.

FARIA FILHO, E. M. Produção animal, valor nutricional e aspectos morfológicos de braquiárias. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal de Uberlândia, 2012. 54f.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.3**. Lavras: DEX – UFLA, 2003.

**FUNDAÇÃO TRIÂNGULO**. BRS 655, 2009. Disponível em: [http://www.fundacaotriangulo.com.br/cultivares\\_detalhe.php?produto=10&t=3](http://www.fundacaotriangulo.com.br/cultivares_detalhe.php?produto=10&t=3). Acesso em: 15/07/14.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.183-223.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 580p.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BACELLOS, 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. **Circular técnica**, 38. Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p.

KRUTZMANN, A.; CECATO, U.; SANTOS, G. T.; LINO, D. A.; HORST, J. A.; RIBEIRO, O. L. Produção animal, composição química e digestibilidade de forrageiras tropicais em sistema de integração lavoura-pecuária. **Bioscience Journal**, v.30, n.2, p.491-501, 2014.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de produção 2**, 2008.

LUNARDI, R. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de integração lavoura pecuária em função de espaçamento entre fileiras, métodos e intensidades de pastejo. **Tese** (Mestrado em Agronomia - Zootecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

MACHADO, F. S.; RODRÍGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBAS, M. N.; LOBATO, F. C. L.; VEIGA, I. R. F. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L. G. R. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.244-252, 2014.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.415-422, 2010.

MACHADO, L. A. Z.; CECCON, G. Sistemas integrados de agricultura e pecuária. In: PIRES, A.V. (Ed.). Bovinocultura de corte. **Piracicaba: FEALQ**, v.2, p.1401-462, 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico**, v.6, n.2, p.112-130, 2012.

MATA, J. F.; ERASMO, E. A. L.; SIEBENEICHLER, S. C.; SARAIVA, A. de S.; GONÇALVES, R. C. Análise de crescimento da Brachiária em diferentes densidades e épocas de semeadura em consorcio com a cultura da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.4, n.3, 2011.

MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A. V. de; VIEIRA, P. de F.; CUNHA NETO, F. R.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.309-318, 2007.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NORNBORG, J. L.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L.G. de; FARIA, M. V.; MARAFON, F. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura no cultivo do sorgo em manejo de cortes. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3 n.3, 2010.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: Anais do 15 Simpósio sobre Manejo da Pastagem, FEALQ/ESLQ, 1998. p.203-242.

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, n.4, p.360-370, 2009.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W. de; SOUZA, R. de O.; SILVA, A. D. da; SANTOS, J. P. A. dos; BARROS, E. da. S.; MEDEIROS, P. V. Q. de Sistemas de manejo do solo: soja consorciada com *Brachiaria decumbens* (STAPF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.41-51, 2011.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A.; RABELO, F. H. S.; ELIAS, R. F.; FARIA JÚNIOR, D. C. N. A. Composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1137-1149, 2010.

RESENDE, J. A. Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo. **Dissertação de Mestrado** em Zootecnia-Universidade Federal de Lavras, 2001. 53p.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1279p.

SANTOS, D. C. Avaliação de forrageiras em sistema silvipastoril com eucalipto. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília, 2012. 77p.

SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. Simpósio sobre ecossistema de pastagens. **Anais**, FCAVJ/UNESP, 1997. p.1-62.

TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v.11, n.2, p.28-30, 2007.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Corvallis, O & B Books, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, p.834-843, 1965.

VELÁSQUEZ, P. A. T.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; RIVERA, A. R.; DIAN, P. H. M.; TEIXEIRA, I. A. M. de A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1206-1213, 2010.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L. GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. de; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. de. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v.66, n.2, p.235-245, 2007.

## **CAPÍTULO 2.**

### **EFEITOS DO SISTEMA DE CONSÓRCIO SOJA SUPERPRECOCE – FORRAGEIRAS NO CARBONO, NITROGÊNIO TOTAL E MINERAL DO SOLO**

#### **RESUMO**

Os sistemas com consórcio de leguminosas e gramíneas, normalmente, tendem a aumentar o teor de carbono orgânico e nitrogênio do solo, bem como alterar outras propriedades do solo. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito do sistema de consórcio da soja com sorgo forrageiro e braquiária nos teores de carbono orgânico, nitrogênio total e nitrogênio mineral no solo. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados durante a safra 2012/2013. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com sete blocos, constituindo as repetições. O experimento se baseou no plantio da soja, cultivar superprecoce BRS 7580, e posteriormente na semeadura de sorgo forrageiro BRS 655 e braquiária BRS Piatã nas entrelinhas da soja. Foram coletadas amostras em três dos sete blocos do experimento, nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm. Amostras de solo sob Cerrado foram utilizadas como referência. Foram avaliados os teores de carbono orgânico, nitrogênio total do solo, amônio, nitrato e a relação nitrogênio mineral/nitrogênio total. As áreas de Cerrado apresentaram maiores teores de carbono orgânico. Nas camadas mais profundas, não houve diferenças entre os tratamentos e o Cerrado quanto ao teor de nitrogênio total. Não houve diferenças significativas, em nenhuma das profundidades, entre os tratamentos consorciados e os em sistema solteiro, com exceção da camada de 0-5 cm em que o consórcio soja+sorgo apresentou maiores valores que nos tratamentos com soja solteira. Para o teor de amônio, no geral, todos os tratamentos apresentaram uma distribuição uniforme, com valores maiores nas camadas mais superficiais, diminuindo nas camadas mais profundas. Não foi detectado nitrato no solo sob Cerrado. Os tratamentos em consórcio apresentaram maiores valores de nitrato do que os solteiros, de modo geral, os valores de nitrato foram maiores nas camadas mais superficiais, com decréscimo significativo nas camadas intermediárias, voltando a crescer na camada de 40-60 cm. Para a relação nitrogênio mineral/nitrogênio total, os tratamentos com soja mantiveram o mesmo padrão dos resultados de nitrato.

Palavras chave: Carbono orgânico do solo, nitrogênio total do solo, nitrogênio mineral

## **EFFECTS OF CONSORTIUM SYSTEM SOYBEAN SUPERPRECOCIOUS - FORAGES IN CARBON AND TOTAL NITROGEN AND MINERAL N IN SOIL**

### **ABSTRACT**

Systems with consortium of legumes and grasses usually tend to increase soil organic carbon and soil nitrogen and these systems also change other soil properties. The objective of this study was to analyze the effect of the consortium of soybean with sorghum and pasture in organic carbon, total nitrogen and mineral nitrogen in the soil. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados during the 2012/2013 season. The experimental design was a randomized block with seven replicates. The experiment was based on the planting of soybean cultivar BRS siuperprecoce 7580, and later sowing of forage sorghum BRS 655 and pasture BRS Piata between the lines of soybean. Soil Samples were collected in three of the seven blocks of the experiment at depths: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm. The soil under Cerrado was used as reference. Contents of organic carbon, soil total nitrogen, ammonium, nitrate and balanced mineral nitrogen/total nitrogen were evaluated. The Cerrado area showed higher levels of organic carbon. In the deeper layers, there were no differences between treatments and the Cerrado in the total nitrogen content. There were no significant differences in any of the depths, between monoculture and intercropping treatments, with the exception of the 0-5 cm layer in the soybean + sorghum consortium which presented higher values than soybean in monoculture. For the content of ammonium, in general, all treatments showed a uniform distribution, with higher values in the more surface layers, decreasing in the deeper layers. Nitrate was not detected in the soil under Cerrado. Intercropping treatments showed higher nitrate than single and, generally, the values of nitrate were higher in the upper layers, with significant decrease in the intermediate layers, and increased again in the depths of 40-60 cm. Relation to mineral nitrogen / total nitrogen, treatments with soybean maintained the same pattern of nitrate results.

Key words: Soil organic carbon, soil organic nitrogen, mineral nitrogen.



## INTRODUÇÃO

A qualidade do solo pode ser definida como a sua capacidade em funcionar de maneira a manter a produtividade vegetal e animal, bem como manter ou melhorar a qualidade da água e do ar (KARLEN et al., 1997). Desse modo, a qualidade do solo é a integração de todas as propriedades do solo que o torna apto a realizar as suas funções de forma plena (SALTON, 2005). A qualidade do solo, quando este é submetido a diversos tipos de manejo, pode ser analisada por meio do uso de atributos biológicos, físicos e químicos (DORAN e PARKIN, 1994).

O manejo inadequado do solo diminui os teores de matéria orgânica do solo, o que afeta os microrganismos do solo, e com isso reduz a produtividade do sistema de produção (MATSUMOTO et al., 2009). Sistemas agrícolas baseados no monocultivo e no revolvimento contínuo do solo afetam negativamente a qualidade física, química e biológica do solo (COSTA et al., 2003). Por isso têm-se buscado sistemas de manejo que mantenham a qualidade do solo, e o sistema de integração lavoura-pecuária vem se destacando e cada vez mais sendo adotado devido aos diversos benefícios citados anteriormente.

Esse sistema é capaz de aumentar o teor de carbono orgânico no solo ao longo dos anos, devido ao crescimento contínuo de plantas, da rotação de culturas e maior ciclagem de nutrientes (TRACY e ZHANG, 2008). Segundo Amado et al. (2001), o uso de leguminosas em sistemas de rotação ou sucessão aumentam a retenção de carbono e nitrogênio no solo, o que promove uma melhor qualidade ambiental em escala regional e global.

O teor de carbono orgânico em sistemas de ILP inicialmente ocorre nas profundidades mais superficiais (RUSSELL e ISBELL, 1986), porém com o passar do tempo, há um aumento também nas camadas mais profundas (HAYNES e WILLIAMS, 1999), que é uma consequência de um manejo correto do solo, que promove melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que gera também um efeito positivo na produtividade do sistema (DUBEUX et al., 2004).

O teor de carbono está intimamente interligado ao teor de nitrogênio. O nitrogênio é o nutriente mais demandado pelas plantas, e a sua maior parte encontra-se

na forma orgânica. A transformação do nitrogênio orgânico nas formas minerais (amônio e nitrato), que são as absorvidas pelas plantas, é feita através dos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica (SCIVITTARO e MACHADO, 2004). A disponibilidade desse nutriente para as plantas, além de outros fatores, é fundamental para uma boa produtividade da cultura, por isso a importância da quantificação do teor de nitrogênio mineral no solo.

A soja apresenta baixa relação C/N, que juntamente com a presença de compostos solúveis, favorece a decomposição e mineralização por microrganismos do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2006). O consórcio com forrageiras propicia o aumento de matéria orgânica no solo e isso influencia diretamente nos teores de nutrientes mineralizados, ou seja, o manejo do solo utilizado pode causar mudanças no nitrogênio total do solo com consequentes mudanças no nitrogênio mineral, amônio e nitrato (BUSO e KLIEMANN, 2003).

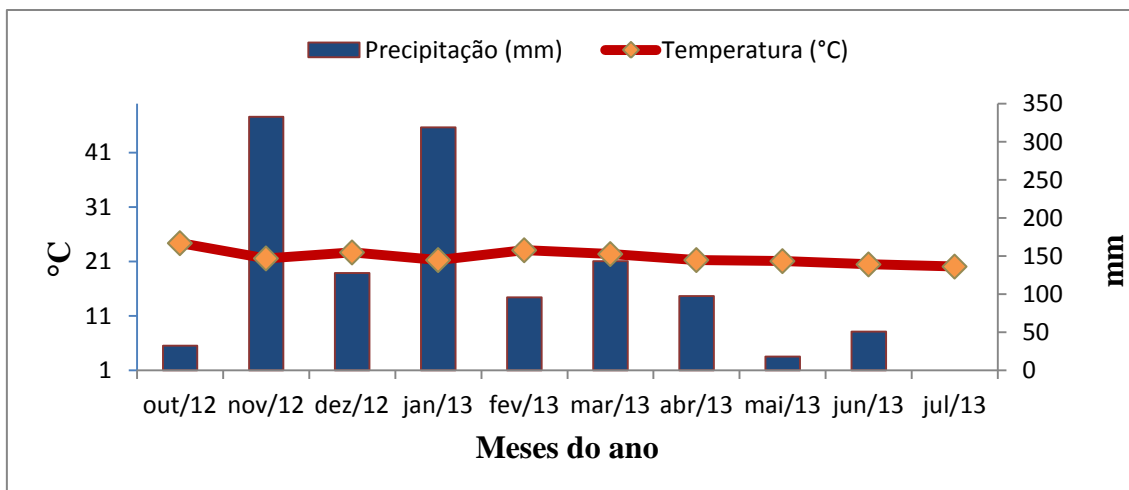
O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito do sistema de consórcio da soja com sorgo forrageiro e braquiária nos teores de carbono orgânico, nitrogênio total e nitrogênio mineral no solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização do experimento**

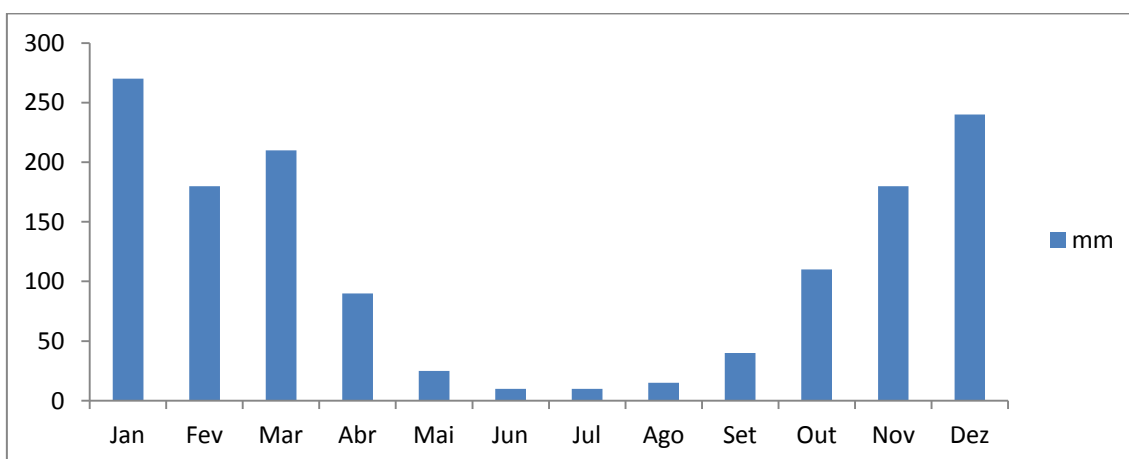
O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados (Planaltina-DF), localizada na BR 020, Km 18 e delimitada pelas coordenadas geográficas 47°54'10''W e 15°43'52''S. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é Aw (tropical estacional), com precipitação média anual de 1570 mm e temperatura média anual de 21,3 °C (ADÁMOLI et al., 1986).

Os dados climatológicos de temperatura e precipitação referentes aos meses de outubro de 2012 a julho de 2013, que compreende o período do experimento estão dispostos na figura 1.



**Figura 1.** Temperatura média mensal e precipitações pluviométricas acumuladas ao longo da safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

A distribuição de chuva nos anos de 2012 e 2013 foi bastante atípica, em comparação com a média histórica da região (Figura 2). Nos meses de dezembro de 2012, fevereiro e março de 2013 as precipitações pluviométricas acumuladas foram de 127, 96 e 143 mm respectivamente, enquanto que os dados da média histórica para a região são de aproximadamente 250, 175 e 200 mm para os respectivos meses. Além da baixa precipitação, nesta safra agrícola ocorreram dois fortes veranicos. O primeiro entre os dias 16 de dezembro de 2012 e 05 de janeiro de 2013, e o segundo entre os dias 7 de fevereiro e 14 de março de 2013.



**Figura 2.** Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com sete repetições. A cultivar de soja superprecoce foi plantada em novembro de 2012 e, aos 30 dias após o plantio foram semeados o sorgo forrageiro ou a braquiária nas estrelinhas. Os tratamentos foram os seguintes: 1. Soja solteira sem redutor de crescimento; 2. Soja solteira com redutor de crescimento; 3. Braquiária solteira sem redutor de crescimento; 4. Sorgo forrageiro solteiro sem redutor de crescimento; 5. Consórcio soja – braquiária sem redutor de crescimento; 6. Consórcio soja – braquiária com redutor de crescimento; 7. Consórcio soja – sorgo forrageiro sem redutor de crescimento; 8. Consórcio soja - sorgo forrageiro com redutor de crescimento; 9. Sorgo forrageiro em safrinha.

Os blocos foram implantados entre filas de árvores de nativas. As espécies nativas utilizadas foram angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*), cedro (*Cedrela fissilis*), guapuruvu (*Schizolobium parahybae*), jequitibá (*Cariniana estrellensis*) e mogno (*Swietenia macrophylla*). O plantio das mudas foi realizado de janeiro a março de 2009. O espaçamento foi de 12 metros entre linhas e 4 metros entre plantas. As mudas foram obtidas por meio de sementes do viveiro da Embrapa Cerrados, com adubação de 150 gramas/cova de NPK 8-20-15.

### **Histórico da área experimental**

Antes do plantio da soja a área experimental havia sido cultivada com sorgo, que foi dessecado, e sua palhada mantida na área.

O solo da área é caracterizado como latossolo vermelho, com textura argilosa. Antes da implantação do experimento foi realizada a análise química do solo da área (Tabela 1). A coleta de solo foi feita em todos os blocos, na camada 0-20 cm, com o auxílio de um trado. Foram coletadas 10 amostras simples para formar uma amostra composta, e estas foram analisadas no Laboratório de Química Analítica de Solos da Embrapa Cerrados.

**Tabela 1.** Análise química do solo antes da instalação do experimento.

Característica <sup>(1)</sup>	Média
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,14
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,65
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,42
pH (H <sub>2</sub> O)	5,50
P (mg dm <sup>-3</sup> )	5,00
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,36
Matéria orgânica (g dm <sup>-3</sup> )	40,8

<sup>(1)</sup> Atributos avaliados segundo metodologia da Embrapa (1997).

### Condução do experimento

A soja superprecoce, variedade BRS 7580, pertence ao grupo de maturidade relativa 7.5 e é pouco exigente em fertilidade do solo. Possui resistência ao acamamento e apresenta boa precocidade ideal para o sistema soja/milho safrinha (EMBRAPA, 2014). A cultura foi plantada, mecanicamente, no dia 21 de novembro de 2012 e as sementes apresentaram valor cultural de 90%, espaçamento de 50 centímetros e 20 plantas/metro. Foi feita a inoculação da semente de soja com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 500 gramas de inoculante para cada 60 kg de semente. A adubação foi feita no plantio, aplicando 420 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 0-20-20.

No dia 12 de dezembro de 2012 as parcelas foram demarcadas, cada uma com 12 m<sup>2</sup> (3 x 4 metros). No início de janeiro foi aplicado glifosato na dose de 1,5 l ha<sup>-1</sup> na área para o controle das plantas daninhas antes do plantio das demais culturas.

Nos dias 7 e 8 de janeiro de 2013 foram plantadas manualmente a braquiária e o sorgo forrageiro. A cultivar de *Brachiaria brizantha* utilizada foi BRS Piatã, com valor cultural de 50%. Foram utilizados 0,014 kg de semente/parcela. Foram feitos 3 sulcos nas entrelinhas de soja para o plantio da braquiária e as sementes jogadas a lanço. Esta variedade possui hábito de crescimento ereto, formando touceiras de 0,85 a 1,10 metro. É indicado para solos de média fertilidade, possui resistência a cigarrinhas, possui bom valor nutritivo (VALLE et al., 2007).

A cultivar de sorgo forrageiro utilizada foi a BRS 655, e foram utilizadas 17 sementes/metro. Foi feito um sulco na entrelinha da soja para o plantio do sorgo. Esta cultivar é um híbrido simples, com ciclo de 100 a 110 dias, altura de plantas de 250 cm, possui resistência a estiagem, ao acamamento, alto potencial de produção de massa verde (FUNDAÇÃO TRIÂNGULO, 2009).

Nos dias 18 e 19 de janeiro de 2013 foi feita a adubação das parcelas de sorgo. Foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-30-16 e uma adubação adicional de 80 kg ha<sup>-1</sup> de uréia. No dia 7 de fevereiro aplicou-se o redutor de crescimento nas parcelas designadas, utilizando-se 500 ml ha<sup>-1</sup> do produto. No dia 21 de março de 2013 foi realizada a adubação de cobertura nas parcelas de sorgo forrageiro e braquiária, utilizando 100 kg ha<sup>-1</sup> de uréia. No dia 28 de março de 2013, foi realizado o plantio do sorgo forrageiro em safrinha nas parcelas plantadas com soja em sistema solteiro. A variedade utilizada foi a BRS 655, e foi feita adubação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-30-16. No dia 15 de abril foi feita a adubação de cobertura, com 80 kg ha<sup>-1</sup> de uréia.

No início de abril de 2013 a soja foi colhida manualmente, trilhada e os grãos foram pesados. A colheita da soja poderia ter sido antecipada, porém devido a problemas técnicos aconteceu um atraso na colheita da mesma.

Nos dias 5 e 6 de maio as plantas de sorgo forrageiro e braquiária foram colhidas com o auxílio de uma roçadeira manual. Foi feita a pesagem do total úmido em campo e uma pequena amostra foi armazenada em saco de papel, devidamente identificado, e então levada para a estufa a 65 °C por 72 horas para secagem, e posteriormente pesada. No final de maio também foi colhido o sorgo forrageiro em safrinha, adotando as mesmas práticas de colheita anteriormente descritas.

Todas as atividades realizadas na condução do experimento estão descritas na tabela 2.

**Tabela 2.** Cronograma de atividades do experimento.

<b>DATA</b>	<b>ATIVIDADE</b>
09/2012	Coleta de solo para caracterização da área experimental
21/11/2012	Plantio da soja superprecoce
12/12/2012	Demarcação das parcelas
03/01/2013	Aplicação de herbicida nas parcelas
07 e 08/01/2013	Plantio manual das forrageiras
18 e 19/01/2013	Adubação das forrageiras
07/02/2013	Aplicação de redutor de crescimento
21/03/2013	Adubação de cobertura das forrageiras
28/03/2013	Plantio do sorgo forrageiro safrinha
01, 02 e 03/04/ 2013	Colheita da soja
22/04/2013	Coleta dos dados de biometria
05 e 06/05/2013	Colheita das forrageiras
17/05/2013	Coleta do solo nas áreas do experimento e do Cerrado para análises de carbono e nitrogênio
25/05/2013	Coleta do solo nas áreas de sorgo safrinha para análises de carbono e nitrogênio
31/05/2013	Colheita do sorgo forrageiro safrinha

## **Análises de solo**

### **Coleta de solo**

Para as determinações de carbono orgânico, nitrogênio total, nitrato e amônio foram coletadas amostras em três dos sete blocos do experimento. Estes blocos foram selecionados por resultarem uma maior produtividade de grãos e matéria seca em relação aos demais. Foram coletadas amostras nas parcelas de soja, sorgo forrageiro e braquiária em sistema solteiro, soja em consórcio com sorgo e braquiária e nas parcelas de sorgo em safrinha. Coletou-se também em área de cerrado nativo, como referência.

As amostras foram coletadas após a colheita de cada cultura com o auxílio de um trado, nas camadas de 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm. Para cada amostra composta, cinco amostras simples foram coletadas. Estas foram colocadas em um balde, destorroadas e homogeneizadas, retirando-se aproximadamente 500 gramas de solo, que foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas. De cada amostra foi retirada uma pequena quantidade de solo, que foi armazenada em saco plástico, identificada e colocada em uma caixa de isopor com gelo, sendo estas amostras mantidas congeladas até o momento da análise de nitrato e amônio. Todas as amostras foram levadas para o Laboratório de Bioquímica do Solo da Universidade de Brasília para posteriores análises.

### **Análises laboratoriais**

Foram analisados os atributos: carbono orgânico do solo, nitrogênio total do solo, nitrato e amônio no solo.

Para as análises de carbono orgânico e nitrogênio total, as amostras foram secas ao ar, maceradas e peneiradas em peneira de 0,5 mm e armazenadas. Para as análises de nitrato e amônio, de cada amostra foram retirados 10 gramas de solo e colocados na estufa por dois dias a 105 °C para a determinação da umidade.

### **Carbono orgânico**

O carbono orgânico do solo foi determinado pelo método de Walkey e Black (1934). Em um erlenmeyer de 500 ml, foram colocados 0,5 gramas de terra fina seca ao ar, adicionados 10 ml da solução de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1N e agitado



manualmente para homogeneização. Em seguida, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) foram adicionados e novamente agitados, permanecendo em repouso por 30 minutos. Após este período, foram colocados 200 ml de água destilada, 10 ml de ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), 1 ml do indicador difenilamina 0,16% e a solução foi titulada com sulfato ferroso amoniacal 0,5N.

Para a realização dos brancos foi utilizado o mesmo procedimento e a matéria orgânica do solo foi calculada pela fórmula:

$$\text{MO total (\%)} = 10 \times (1 - A/B) \times 1,34$$

Onde:

A = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra

B = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco

Para a determinação do carbono orgânico, dividiu-se o valor da matéria orgânica calculada por 1,724.

### **Nitrogênio total**

O N total foi determinado pelo método Kjeldahl (BREMNER e MULVANEY, 1982). Foram pesadas 0,2 g de terra fina seca ao ar. Estas foram colocadas em tubos de ensaio identificados. Adicionaram-se 0,8 g de mistura catalítica, composta de 20 gramas de sulfato de potássio  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e 2 gramas de sulfato de cobre pentahidratado triturado e homogeneizado e 3 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Os tubos foram colocados em um bloco digestor a 335 °C por 45 minutos. Após este período, as amostras foram retiradas do bloco e depois de resfriarem foi acrescentado 1 ml de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Foram colocados, então 10 ml de água destilada em cada tubo.

A destilação foi feita com a adição de 20 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 50% e recebida em frasco de erlenmeyer contendo 10 ml de ácido bórico a 2% até o volume de 40 ml.

O destilado foi titulado com ácido sulfúrico 0,003 N. Antes da destilação das amostras, foi feita uma curva padrão com doses conhecidas de nitrogênio (0, 20, 40 e 60

ppm) e os cálculos foram feitos através da curva de regressão.

### **Nitrato e amônio**

As análises de nitrato e amônio foram determinadas pelo método de Kjeldahl, descrito em EMBRAPA (2010).

Primeiramente, o solo foi descongelado para sua posterior extração. Para a extração foram adicionados, em frascos de vidro, 50 ml de cloreto de potássio (KCl), e depois colocados em cada frasco, aproximadamente, 15 gramas de solo. Antes e depois da adição do solo os frascos foram pesados. As amostras foram agitadas por 5 minutos a 45 rpm e depois mantidas em repouso por pelo menos 12 horas. Posteriormente foi feita a filtração e o extrato foi utilizado para análise. Foram feitos também extratos dos brancos, sem amostras de solo.

Em tubos de ensaio identificados foram colocados 10 ml do extrato. A primeira destilação foi feita para a determinação do amônio. Neste tubo foi adicionado um cachimbo de óxido de magnésio. O destilado foi recebido em erlenmeyer com ácido bórico 2% até completar o volume de 40 ml.

Após esta destilação, no mesmo tubo foi acrescentado 0,2 gramas de liga de Devarda e destilado novamente para a determinação do nitrato e o destilado foi recebido em erlenmeyer com ácido bórico 2% até completar o volume de 40 ml.

Os dois destilados foram titulados com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,0005 N.

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS

### Carbono orgânico

Os teores de carbono orgânico do solo foram maiores na camada 0-5 cm, em comparação com a camada de 40-60 cm para todos os tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Carbono orgânico do solo (g C kg<sup>-1</sup>) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.

Tratamento	Profundidade (cm)				
	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 60
Soja solteira	23,24Ca <sup>(1)</sup>	21,13Bab	19,14Bab	20,31Bab	16,32abB
Sorgo solteiro	24,59bcA	22,87Ba	20,16Bab	19,50Bab	16,56abB
Soja + sorgo	30,41Ba	21,76Bb	21,49Bb	19,02Bb	16,79abB
Sorgo em safrinha	28,19bcA	22,06Bb	17,85Bbc	17,11Bbc	17,29Bc
Braquiária solteira	26,03bcA	24,15Bab	22,47Bab	19,27Bbc	15,06Bc
Soja + braquiária	23,96bcA	21,95Ba	19,41Bab	18,78Bab	15,88Bb
Cerrado	51,28Aa	39,66Ab	29,25Ac	29,78Ac	22,17Ad

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05).

CV tratamento = 13,14%, CV profundidade = 8,99%.

Maiores teores de carbono orgânico na camada mais superficial também foi encontrado por Salton et al. (2011) em experimento de integração lavoura-pecuária realizado em Mato Grosso do Sul e isto se deve ao maior acúmulo de resíduos na superfície e à ausência de revolvimento do solo nesse sistema (BAYER et al., 2002).

O Cerrado foi utilizado como referência e, pode-se observar uma distribuição mais estratificada do carbono orgânico no solo, com maior valor na camada de 0-5 cm (51,28), menor valor na camada de 40-60 (22,17) e valores intermediários nas demais profundidades (39,66; 29,25; 29,78). No geral, o Cerrado apresentou os maiores valores de carbono orgânico em relação aos demais tratamentos. Resultado semelhante foi encontrado por Godoy et al. (2013); estes autores avaliaram o carbono orgânico em áreas cultivadas com arroz em sucessão à braquiária e utilizaram uma área de cerrado

nativo como referência. Eles atribuíram que os maiores valores de C org na área de cerrado foi devido ao grande aporte de resíduos orgânicos nesse solo. A diminuição do C-org nos solos cultivados pode ser resultado do manejo adotado e do consumo de carbono pela biomassa microbiana (JAKELAITIS et al., 2008).

Não houve diferenças significativas, em nenhuma das profundidades, entre os tratamentos consorciados e os em sistema solteiro, com exceção da camada de 0-5 cm em que o consórcio soja+sorgo apresentou maiores valores que nos tratamentos com soja solteira (Tabela 3). Steiner et al. (2012) em experimento com plantas de cobertura em sucessão à soja também não observaram diferenças no teor de carbono orgânico nos diferentes sistemas. O curto período de tempo pode explicar esse resultado (PILLON et al., 2007). Já em experimentos de longa duração, como o de Salton et al. (2011), com áreas de 9 e 11 anos em sistema de ILP, houve diferenças significativas entre os tratamentos, nos quais os tratamentos com pastagem apresentaram maiores teores de carbono em comparação aos sistemas de lavoura solteira.

Uma das características do sistema de integração lavoura-pecuária é o aumento do teor de carbono orgânico no solo, pois este normalmente acumula mais carbono que as culturas anuais (EMBRAPA, 2009). Os resíduos culturais das forrageiras possuem uma maior relação C/N, o que gera uma degradação mais lenta e favorece o acúmulo de carbono orgânico no solo. Neste trabalho, somente na camada de 0-5 cm foram observadas diferenças entre os tratamentos com soja solteira e as forrageiras solteiras ou em consórcio e, apesar de ser o primeiro ano de implantação deste sistema, o consórcio soja+sorgo apresentou maiores teores de carbono orgânico do solo, apesar disso, este efeito não foi observado nas outras camadas do solo, possivelmente devido ao curto período de tempo do experimento e à distribuição uniforme de matéria orgânica em toda a área antes da instalação do experimento, visto que antes deste trabalho na área experimental havia sido plantado sorgo e esse foi dessecado para a instalação da pesquisa.

Resultado diferente foi encontrado por Loss et al. (2011), em experimento realizado em Goiás avaliaram o teor de carbono orgânico no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária e em áreas com plantio direto. Eles concluíram que o tratamento com ILP, utilizando braquiária apresentou resultados maiores de C org em

relação aos tratamentos sem essa gramínea, que pode estar associado ao elevado aporte de resíduo vegetal proporcionado pelas pastagens (SALTON et al., 2011). Acredita-se que o sistema radicular das forrageiras tem grande capacidade de acumular carbono no solo (LAL, 2002). A diferença entre o presente trabalho e o de Loss et al. (2011) pode ser devido ao maior tempo de experimento do último, 17 anos em sistema de plantio direto. De acordo com Carvalho et al. (2009) o acúmulo de carbono em sistemas com plantio direto ocorre lentamente, sendo necessário de 10 a 15 anos de experimento para que ocorram alterações dos teores de carbono orgânico no solo.

### Nitrogênio total

O solo de Cerrado nativo apresentou os maiores teores de nitrogênio total no solo nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm em comparação aos demais tratamentos. Nas camadas mais profundas não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Entre os tratamentos, houve diferença significativa somente na camada de 0-5 cm em que a soja solteira apresentou menor N total que a soja+sorgo. Estes mesmos tratamentos apresentaram comportamento semelhante ao carbono orgânico do solo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Nitrogênio total do solo ( $\text{g N kg}^{-1}$ ) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.

Tratamento	Profundidade (cm)				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60
Soja solteira	1,38cA <sup>(1)</sup>	1,18bAB	1,07bB	1,05aB	0,78aC
Sorgo solteiro	1,49bcA	1,31bAB	1,17bBC	1,04aCD	0,81aD
Soja + sorgo	1,66bA	1,28bB	1,18bBC	0,98aCD	0,81aD
Sorgo em safrinha	1,45bcA	1,19bB	1,08bBC	0,91aCD	0,77aD
Braquiária solteira	1,47bcA	1,34bAB	1,21bBC	1,04aC	0,75aD
Soja + braquiária	1,37cA	1,29bAB	1,10bBC	0,97aCD	0,80aD
Cerrado	2,51aA	1,83aB	1,54aC	1,12aD	0,88aE

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste tukey ( $p < 0,05$ ).

CV tratamento = 9,00%, CV profundidade = 8,26%.

Loss et al. (2011), também encontraram maior teor N total em solo sob Cerrado nativo em comparação aos sistemas de integração lavoura-pecuária e, assim como para os teores de carbono orgânico, isso se deve ao maior depósito de resíduos vegetais nesse solo e menor perturbação desse sistema, o que gera maior acúmulo desse nutriente no solo (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

De acordo com Bayer e Mielniczuk (1999), o acúmulo de matéria orgânica no solo no sistema de plantio direto ocorre de maneira lenta, e que por isso, mesmo depois de muito tempo de experimento, muitas vezes, ainda não é possível se obter acúmulo de nitrogênio nas camadas subsuperficiais, quando se compara com as áreas de Cerrado. No presente experimento não se observou diferenças estatísticas entre os teores de N total nas camadas mais profundas dos tratamentos e nas do Cerrado, e isso pode ser devido às aplicações de adubos nitrogenados e a sua lixiviação, visto que foram encontrados altos teores de nitrato em subsuperfície, principalmente nos tratamentos em consórcio (Tabela 6).

De modo geral, os maiores resultados encontrados foram nas camadas mais superficiais, com uma diminuição no perfil do solo. A camada de 0-5 cm apresentou maiores valores que as camadas 10-20, 20-40 e 40-60 cm para todos os tratamentos. O decréscimo no teor de nitrogênio total foi mais uniforme no solo sob Cerrado (Tabela 4). Os maiores valores de N total nas camadas 0-5 e 5-10 cm se deve ao maior acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos em sistema solteiro e os em consórcio, com exceção dos tratamentos soja solteira e soja+sorgo na camada de 0-5 cm. Os tratamentos com sorgo forrageiro solteiro apresentou os mesmos teores de nitrogênio total que os tratamentos em consórcio com a soja e o sorgo em safrinha; resultados semelhantes foram obtidos no tratamento com braquiária. O tratamento com soja solteira também não diferiu dos demais (Tabela 4). Esse resultado mostra que a cultura da soja não interferiu nos tratamentos em consórcio quanto ao teor de nitrogênio total no solo, com exceção da camada de 0-5 cm.

D'Andréa et al. (2004) avaliaram o N total em solos de Goiás com sistema de plantio direto e convencional, e também não observaram diferenças no teor desse

atributo. Eles atribuíram isso ao curto período de instalação dos tratamentos, que no caso foi de 4 e 5 anos. Como no presente trabalho o experimento possui apenas um ano, talvez ainda não fosse possível detectar alterações no N total no solo.

Loss et al. (2011) avaliaram o teor de N total em dois sistemas. O primeiro com rotação girassol – soja – milho – algodão e o segundo com braquiária em consórcio com milho. Os autores observaram maiores valores de N total em tratamentos de ILP com consórcio de braquiária com milho em relação aos que não possuíam essa cultura. Os autores argumentam que devido à deposição de resíduos vegetais com maior relação C/N na superfície do solo, promoveu uma decomposição mais lenta e favoreceu o acúmulo de nitrogênio.

### **Nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

Com relação ao teor de amônio no solo nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm), o Cerrado apresentou os maiores valores e nas demais camadas, em geral, não houve diferença nos teores de amônio entre o cerrado nativo e os outros agroecossistemas estudados. Nas camadas de 10-20 e 20-40 cm os maiores teores de amônio foram encontrados nas parcelas com sorgo forrageiro em safrinha. Este mesmo tratamento, juntamente com o sorgo e braquiária em sistema solteiro, exibiram os maiores teores na camada mais profunda (Tabela 5). D'Andréa et al. (2004) em experimento realizado em Goiás em áreas com pastagem de *Brachiaria decumbens* e cerrado nativo também encontraram, nas camadas superficiais, teores mais elevados de amônio no cerrado em relação aos demais tratamentos.

Em geral, todos os tratamentos apresentaram uma distribuição uniforme com relação ao teor de amônio, com valores maiores nas camadas superficiais, diminuindo nas camadas mais profundas (Tabela 5). Siqueira Neto et al. (2010) também observaram maiores quantidades de nitrogênio na forma de amônio nas camadas mais superficiais decrescendo no perfil do solo. Eles atribuíram esse comportamento à maior quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo, promovendo uma maior ciclagem de nitrogênio nessa camada. Outra explicação possível poderia ser devido à ligação do  $\text{NH}_4^+$ , que possui cargas positivas, às moléculas de matéria orgânica, que têm carga negativa. Este cátion pode permanecer adsorvido a MO.

De maneira geral, os consórcios entre soja e forrageiras apresentaram menores valores de amônio nas diversas profundidades (Tabela 5). Isso pode ser devido à maior taxa de nitrificação que ocorreu nesses tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 5.** Teor de amônio no solo ( $\text{mg N kg}^{-1}$  solo) em área com soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.

Tratamento	Profundidade (cm)				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60
Soja solteira	4,89bcAB <sup>(1)</sup>	5,34bA	3,37bcAB	3,36abB	0,82bcC
Sorgo solteiro	5,28bA	5,12bA	3,28bcB	1,61bcC	2,51abBC
Soja + sorgo	5,42bA	3,09cBC	3,29bcB	1,55cCD	0,40cD
Sorgo em safrinha	5,12bAB	3,05bAB	6,29aA	4,15aBC	3,33aC
Braquiária solteira	4,99bAB	5,91bA	4,24bB	2,18bcB	1,58aC
Soja + braquiária	3,12cA	2,61cAB	2,26cAB	1,66bcAB	0,99bB
Cerrado	10,28aA	5,32aB	2,93bcC	1,72bcC	1,53bcC

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste tukey ( $p < 0,05$ ).

CV tratamento = 20,22%, CV profundidade = 18,82%.

### Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

No solo de Cerrado não foi detectada a presença de nitrato (Tabela 6). D'Andrea et al. (2004) também encontraram maiores valores de amônio do que de nitrato em cerrado nativo. Esses autores acreditam que esse resultado se deve ao baixo pH dos solos da região Cerrado, que inibe a nitrificação, visto que esse processo diminui em áreas com pH menor que 6,0 (PAUL e CLARK, 1989).

Oliveira et al. (2000), analisou o pH do mesmo solo de cerrado do presente trabalho e encontrou valores entre 4,5 e 4,7, o que pode explicar a não ocorrência de nitrato nas profundidades analisadas no cerrado.



Outro fator que pode ter contribuído para não ter sido detectada a presença de nitrato nas profundidades analisadas da área de cerrado é a grande presença de carbono orgânico nesse solo (Tabela 3). De acordo com Silva e Resck (1997), a matéria orgânica é uma das principais fontes de carga negativa nos solos de Cerrado, e com isso há uma baixa adsorção do íon nitrato, ocorrendo assim a sua lixiviação para as camadas mais profundas (OLIVEIRA et al., 2000).

Os tratamentos com sorgo e braquiária em sistema solteiro não apresentaram diferenças significativas nos teores de nitrato em todas as profundidades. Em todas as camadas, os valores de nitrato foram baixos nestes tratamentos (Tabela 6). Estes valores podem ser devido à alta relação C/N que esses materiais possuem, e conseqüentemente pode ter ocorrido uma baixa mineralização. O período entre a colheita da braquiária e do sorgo e a coleta de solo para a análise de nitrato foi curto, e por isso pode não ter ocorrido a mineralização dos resíduos vegetais. Os baixos teores de nitrato nos dois tratamentos podem ser devido a estes dois fatores.

Com relação aos sistemas consorciados e os sistemas solteiros (sorgo forrageiro e braquiária), no geral, os consórcios apresentaram maiores valores de nitrato em todas as camadas.

O tratamento com sorgo em safrinha apresentou alto teor de nitrato na camada 0-5 cm, decrescendo na profundidade (Tabela 6). Esse alto valor na camada de 0-5 cm pode ser devido ao nitrogênio originário da cultura da soja, visto que nessas parcelas antes do plantio do sorgo safrinha havia sido plantada soja. Na data da coleta de solo para a análise de nitrato nas parcelas com sorgo safrinha, ainda não haviam sido colhidas as plantas de sorgo, por isso não havia resíduos de sorgo no solo, não ocorrendo, portanto a mineralização desses resíduos. Esta talvez seja uma possível explicação para o decréscimo de nitrato nas camadas mais profundas.

De modo geral, os tratamentos com soja (soja em sistema solteiro e soja consorciada com sorgo forrageiro e braquiária) apresentaram os maiores resultados em todas as camadas. É possível que a soja tenha interferido de maneira significativa nos teores desse nutriente no solo. Rembon e Mackenzie (1997) também observaram que os resíduos de soja aumentaram as quantidades de nitrato no solo. Siqueira Neto (2010), também observou maior teor de nitrato nas análises de solo feitas pouco antes da

colheita da soja. Os autores supõem que isso seja devido ao início da senescência das plantas e, da decomposição das raízes e nódulos no solo (YANG e CAI, 2005).

A soja possui relação C/N baixa, levando a uma rápida mineralização dos seus resíduos vegetais, com liberação rápida de nitrogênio no solo (AITA et al., 2001). Krifte e Berendse (2001) constataram que espécies que possuem maior quantidade de nitrogênio em sua composição possuem maior taxa de mineralização, com o contrário também sendo verdade, ou seja, a ciclagem de nitrogênio no solo foi menor para plantas com menor quantidade de N. Em condições adequadas, como temperatura entre 25 e 30°C, pH neutro, solo drenado, as bactérias nitrificadoras convertem o amônio mineralizado a nitrato pelo processo de nitrificação (MALAVOLTA e NEPTUNE, 1983), fato esse que talvez explique teores mais altos de nitrato nos tratamentos com soja.

Os tratamentos com soja não apresentaram uma distribuição uniforme em relação às profundidades. De modo geral, os valores de nitrato foram maiores nas camadas mais superficiais (0-5 e 5-10 cm), com decréscimo significativo nas camadas intermediárias (10-20 e 20-40 cm), aumentando os valores na camada de 40-60 (Tabela 6).

Os valores altos de nitrato encontrados nas camadas mais superficiais podem ser devido à mineralização dos resíduos vegetais e posterior ação das bactérias nitrificadoras que com condições favoráveis transformaram amônio em nitrato. A diminuição da concentração desse íon nas camadas intermediárias pode indicar a lixiviação do nitrato. Por ser um ânion, o  $\text{NO}_3^-$  é repelido pelas cargas negativas do solo que estão na superfície do solo, principalmente pela presença de matéria orgânica, ficando assim em solução e sendo facilmente lixiviado (RAIJ, 1991).

Nos solos do Cerrado pode acontecer uma inversão de cargas nas camadas mais profundas do solo. Nas camadas superficiais, onde há um maior teor de matéria orgânica, predominam cargas elétricas negativas. Nas camadas mais inferiores a concentração de MO tende a diminuir o que pode levar a presença de cargas positivas, e assim o  $\text{NO}_3^-$  fica adsorvido ao solo (EMBRAPA, 1978), o que pode explicar o novo aumento de nitrato na camada 40-60 cm.

**Tabela 6.** Teor de nitrato no solo ( $\text{mg N kg}^{-1}$  solo) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.

Tratamento	Profundidade (cm)				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60
Soja solteira	20,57bA <sup>(1)</sup>	1,93cD	2,43bD	6,88aC	14,38aB
Sorgo solteiro	0,93eA	1,07cA	1,17bA	2,89bcA	2,40bA
Soja + sorgo	24,42aA	17,39aB	0,94bD	8,11aC	15,07aB
Sorgo em safrinha	17,25cA	2,98cC	6,48aB	4,94abBC	2,87bC
Braquiária solteira	1,14eA	1,37cA	1,76bA	0,79cA	0,30bA
Soja + braquiária	6,28dB	8,10bB	1,10bC	1,25cC	14,22aA
Cerrado	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste tukey ( $p < 0,05$ ). ND = não detectado.  
CV tratamento = 15,81%, CV profundidade = 20,86%.

De modo geral, para todos os tratamentos, as camadas que possuíam maior teor de amônio apresentaram menor teor de nitrato, sendo o contrário também verdadeiro (Tabelas 5 e 6).

No geral nas camadas superficiais, nas áreas com cerrado e forrageiras solteiras predominam o nitrogênio mineral na forma amoniacal, com exceção do sorgo em safrinha (Tabelas 5 e 6). O contrário acontece nos tratamentos com soja em sistema solteiro e soja consorciada com sorgo e braquiária.

De acordo com Moreira e Siqueira (2006), nas áreas com pastagens o nitrogênio amoniacal é favorecido devido às substâncias que são excretadas pelas raízes das gramíneas e pelos menores valores de pH nessas condições, o que gera a inibição da nitrificação.

Deve-se considerar que, como as coletas de solo foram realizadas em apenas uma época do ano, no final do ciclo das culturas, isso pode ter dificultado as interpretações dos dados de nitrato e amônio, devido ao grande dinamismo destes nutrientes no solo.

## Relação Nitrogênio mineral/Nitrogênio total (Nmin/Ntotal)

Os tratamentos com soja mantiveram o mesmo padrão dos resultados de nitrato (Tabela 6), com uma maior Nmin/Ntotal nas camadas mais superficiais, decrescendo nas camadas intermediárias e aumentando seus valores na camada mais profunda. Os tratamentos com as forrageiras em sistema solteiro e o solo sob Cerrado não apresentaram diferenças, quanto ao teor de nitrogênio mineral em relação ao nitrogênio total, em todo o perfil do solo (Tabela 7).

De modo geral, o Cerrado apresentou a menor Nmin/Ntotal em todas as profundidades. Isso pode ser devido a não detecção de nitrato nesse solo. Essa menor relação mostra que parte do nitrogênio no solo do Cerrado está imobilizado, o que diminui a disponibilidade desse nutriente para as plantas, mas por outro lado, uma menor quantidade de nitrogênio é perdido.

Na camada de 0-5 cm a soja solteira, o sorgo em safrinha e o consórcio soja + sorgo obtiveram os maiores resultados. Na camada 40-60 cm os sistemas em consórcio e o de soja solteira tiveram a maior relação Nmin/Ntotal (Tabela 7).

**Tabela 7.** Relação nitrogênio mineral/nitrogênio total (%) em soja e forrageiras cultivadas em sistema solteiro e em consórcio.

Tratamento	Profundidade (cm)				
	(% )				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60
Soja solteira	1,55aA <sup>(1)</sup>	0,51bcC	0,48bC	0,82aB	1,60aA
Sorgo solteiro	0,35bA	0,40bcA	0,32bA	0,37bA	0,51bcA
Soja + sorgo	1,51aA	1,36aA	0,30bC	0,81aB	1,58aA
Sorgo em safrinha	1,31aA	0,57bcC	1,01aAB	0,84aBC	0,67bC
Braquiária solteira	0,35bA	0,47bcA	0,41bA	0,24bA	0,21cdA
Soja + braquiária	0,58bB	0,69bB	0,26bC	0,25bC	1,56aA
Cerrado	0,35bA	0,25cA	0,16bA	0,13bA	0,15dA

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05).

CV tratamento = 19,96%, CV profundidade = 20,46%.

## CONCLUSÕES

Nas condições desse estudo:

As áreas sob Cerrado apresentaram maiores teores de carbono orgânico em todas as profundidades.

Nas camadas mais profundas do solo, não houve diferenças significativas entre os tratamentos e o Cerrado quanto ao teor de nitrogênio total.

Para o teor de amônio, no geral, todos os tratamentos apresentaram uma distribuição estratificada, com valores maiores nas camadas mais superficiais, diminuindo nas camadas mais profundas.

Não foi detectado nitrato no solo sob Cerrado. Os tratamentos em consórcio apresentaram maiores valores de nitrato do que os solteiros, de modo geral, os valores de nitrato foram maiores nas camadas mais superficiais, com decréscimo significativo nas camadas intermediárias, voltando a crescer na camada de 40-60 cm.

Para a relação nitrogênio mineral/nitrogênio total, os tratamentos com soja solteira ou em consórcio, mantiveram o mesmo padrão dos resultados de nitrato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC/ São Paulo: Nobel, p.33-74, 1986.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-165, 2001.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25 p.189-197, 2001.

BAYER, C.; MEILNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant and Soil**, v.238, n.1, p.133-140, 2002.

BAYER, C. e MEILNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais. **Genesis**, 1999. p.1-26.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*. **American Society of Agronomy**, v.2, p.595-624, 1982.

BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.2, p.97-105, 2003.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the cerrado region of the Brazilian amazon. **Soil and Tillage Research**, v.103, p.342-349, 2009.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas

plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.27, p.527-535, 2003.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-22.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, H. Q.; SOLLENBERGER, L. E. Ciclagem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Fertilidade dos solos para pastagens produtivas**, FEALQ, 2004. p.357-400.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Cultivares de soja para o Cerrado, 2014. Disponível em: <<http://www.snt.embrapa.br/produtos>>. Acesso em: 15/07/14.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Análise de nitrato e amônio em solo e água. Embrapa Milho e Sorgo. Documento 114, 2010. 55p.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Integração lavoura, pecuária e floresta, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpc.org.br/arquivos/integlavpecflo.pdf>>. Acesso em 15/01/2014.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Serviço Nacional de levantamento e conservação dos solos do Distrito Federal. Boletim Técnico 53, 1978. 455p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.3**. Lavras: DEX – UFLA, 2003.

**FUNDAÇÃO TRIÂNGULO**. BRS 655, 2009. Disponível em: [http://www.fundacaotriangulo.com.br/cultivares\\_detalhe.php?produto=10&t=3](http://www.fundacaotriangulo.com.br/cultivares_detalhe.php?produto=10&t=3). Acesso em: 15/07/14.

GODOY, S. G. de; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. de B.; COBUCCI, T.; LACERDA, M. C. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo impactado por cultivos sucessivos de arroz. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.12, p.1278-1285, 2013.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Influence of stock camping on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of soils**, v.28, n.3, p.253-258, 1999.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; SANTOS, J. B. dos; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KRIFT, T.A.J. van der.; BERENDSE, F. The effect of plant species on soil nitrogen mineralization. **Journal of Ecology**, v.89, p.555-561, 2001.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v.116, p.353-362, 2002.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; DOS ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

MALAVOLTA, E.; NEPTUNE, A. M. L. Caracterização e eficiência dos adubos nitrogenados. **SN Centro de Pesquisa e Promoção de sulfato de amônio**, 1983. 45p.

MATSUMOTO, L. S.; DEMÉTRIO, G. B.; PERTINHEZ, G. N. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob cultivo de olerícolas em diferentes sistemas de uso**. Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel, 2009. 5p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 626p.



OLIVEIRA, J. R. A. de; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Adsorção de nitrato em solos de cerrado do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1999-1205, 2000.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**, 1989. 272p.

PILLON, C. N.; SCIVITTARO, W. B.; POTES, M. da L.; MORAES, C. da S.; MICHELS, G. H.; PEREIRA, J. S. Acúmulo de carbono orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1040-1043, 2007.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, **Associação Brasileira para a pesquisa do potássio e do fosfato**, 1991. 343p.

REMBON, F. S.; MACKENZIE, A. F. Soybean nitrogen contribution to corn and residual nitrate under conventional tillage and no-till. **Canadian Journal of Soil Science**, v.77, p.543-551, 1997.

RUSSELL, J. S.; ISBELL, R. F. **Australian soils: the human impact**. University of Queensland, 1986. 522p.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.

SALTON, J. C. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. **Tese de Doutorado** (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 2005. 158p.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. Arroz irrigado no Sul do Brasil. **Embrapa Informação Tecnológica**, cap. 9, 2004. p.259-303.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOL, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da. Estratégias de manejo e cobertura de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.1011-1020, 2006.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Embrapa Cerrados, 1997. p.467-524.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; VENZKE FILHO, S. de P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, n.4, p.923-936, 2010.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; ZOZ, T.; PINTO JUNIOR, A. S. Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.2775-2788, 2012.

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, v.48, p.1211-1218, 2008.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v.11, n.2, p.28-30, 2007.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the degtiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

YANG, L.; CAI, Z. The effect of growing soybean (*Glicine max.* L.) on N<sub>2</sub>O emission from soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, p.1205-1209, 2005.

## ANEXOS



**Figura 1.** Plantio da soja superprecoce.



**Figura 2.** Sorgo forrageiros na entrelinha da soja



**Figura 3.** Germinação da braquiária na entrelinha de soja.



**Figura 4.** Estabelecimento da braquiária após a colheita da soja.