

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM MASSAI  
ASSOCIADO COM GLIRICIDIA**

**LETÍCIA PEREIRA DA SILVA**

**Brasília, DF  
Novembro, 2020**

**LETÍCIA PEREIRA DA SILVA**

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM  
MASSAI ASSOCIADO COM GLIRICIDIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Gonçalves Leite

Co-orientador: Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo

**Brasília, DF  
Novembro, 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Letícia Pereira. **“ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM MASSAI ASSOCIADO COM GLIRICIDIA”**.

Orientação: Gilberto Gonçalves Leite, Brasília 2020. 34 páginas.

Trabalho de conclusão de curso (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

1. Sistemas Integrados 2. Recuperação de solos 3. Pasto Degradado

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

**SILVA**, L. P. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, páginas. Trabalho de Conclusão de Curso.

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM MASSAI ASSOCIADO COM GLIRICIDIA**

## CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: **LETÍCIA PEREIRA DA SILVA**

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: **ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM MASSAI ASSOCIADO COM GLIRICIDIA**

**Grau:** 3º **Ano:** 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de curso de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de conclusão de curso de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

LETÍCIA PEREIRA DA SILVA

CPF: 039.176.421-74

CEP: 73340-412 Planaltina – DF. Brasil.

(61) 9 9937 2060 / e-mail: [leticiapereirasc@gmail.com](mailto:leticiapereirasc@gmail.com)

**LETÍCIA PEREIRA DA SILVA**

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM MASSAI ASSOCIADO COM GLIRICIDIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. PhD. GILBERTO GONÇALVES LEITE

Co-orientador: Prof. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

**BANCA EXAMINADORA:**



Gilberto Gonçalves Leite  
PhD, Universidade de Brasília – UnB  
Orientador / e-mail: [gleite@unb.br](mailto:gleite@unb.br)



Eiyti kato  
Doutor, Universidade de Brasília – UnB  
Examinador / e-mail: [kato@unb.br](mailto:kato@unb.br)



Marcello Augusto Dias da Cunha  
MSc, - UNIDESC  
Examinador / e-mail: [prof.madc@gmail.com](mailto:prof.madc@gmail.com)

**Brasília, DF**

**Novembro, 2020**

*“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso”.*

(Jhon Ruskin)

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade de Brasília e à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) pelos conhecimentos adquiridos. Ao meu orientador Gilberto Gonçalves Leite pela atenção e o carinho ao me auxiliar na execução desse trabalho. Ao meu co-orientador Cícero Célio de Figueiredo por sempre me dar auxílio e orientações na elaboração dos meus trabalhos científicos e pela oportunidade de aprender durante o estágio em grupo. E também a minha querida professora doutora Thaís Rodrigues Coser pelos seus conselhos e ensinamento durante essa jornada e que sempre me apoiou e me deu coragem para correr atrás dos meus sonhos.

A minha família, principalmente a minha querida mãe Hilda da Silva e minhas irmãs Larissa e Luciana que me apoiaram e motivaram a correr atrás dos meus sonhos e nunca desistir mesmo que algo parecesse impossível.

Ao meu marido Eduardo Cavalcante por me apresentar esse incrível mundo da Agronomia e me incentivar todos os dias desde que entrei na UnB e por ter me aturado durante os momentos de estresses no decorrer de minha formação. A minha querida sogra Cléo pelo apoio, pelas orações e pelo carinho por me ajudar sempre que precisei.

A equipe do laboratório de matéria orgânica do solo (LABMOS) pelos ensinamentos e momentos de alegria que passamos juntos e pela grande ajuda de todos durante as coletas e análises dos dados.

Aos meus amigos pelos momentos de alegrias e pelos conselhos que me ajudaram a chegar até aqui. Em especial a Amanda Gomes Macêdo que me acompanhou durante toda a graduação e me ajudou muito nos momentos mais difíceis e principalmente pelas nossas conversas e nossas risadas que nos tiravam dos estresses do dia a dia.

Gostaria de agradecer a todos que cruzaram o meu caminho durante essa jornada que, mesmo em momentos bons e ruins, contribuíram para que eu me tornasse uma pessoa melhor a cada dia.

**Muito Obrigada!**

**SILVA, LETICIA PEREIRA. ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ESTABELECIDOS COM MILHO, CAPIM ARUANA E CAPIM MASSAI ASSOCIADO COM GLIRICIDIA**

2020. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

**RESUMO**

A degradação da terra é um dos principais indicadores da baixa sustentabilidade da pecuária por afetar diretamente os atributos do solo devido à falta de práticas conservacionistas. Com isso, a busca por sistemas integrados de produção com a utilização de gramíneas associadas a espécies arbóreas leguminosas, que contribuem para o acúmulo de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo, começou a ser utilizado pelos produtores a fim de recuperar essas áreas proporcionando aumento no teor de matéria orgânica (MO) do solo contribuindo no sequestro de C e na mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de C e N no solo em sistemas de produção estabelecidos com milho, capim Aruana (*P. maximum*) e capim Massai (*P. maximum*) associado com Gliricidia (*Gliricidia sepium*). O experimento foi conduzido em uma área experimental na Estação Experimental “Fazenda Água Limpa” sob Latossolo Vermelho Amarelo. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019. Os tratamentos foram distribuídos em parcelas experimentais, com delineamento estatístico em blocos ao acaso com três repetições e foram constituídos por diferentes densidades de Gliricidia. Os dados foram comparados de duas formas. Na primeira, foram comparadas as áreas sob pastagem degradada (PD), sob ILP e sob ILPF. Para representar esta última, foram utilizadas as parcelas do tratamento composto por 1000 plantas de gliricídia por hectare (5 m x 2,0 m). Na segunda avaliação as diferentes densidades de plantas de gliricídia foram comparadas no sistema ILPF. Os teores de C e N foram determinados em analisador elementar por via combustão seca e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Após cinco anos de experimento, a adoção do sistema ILPF aumentou o estoque de C comparado com a pastagem degradada. Houve também um aumento do estoque de C e N após a implantação da Gliricidia na área apresentando grande potencial para o sequestro de C, com valores semelhantes aos encontrados no

Cerrado devido à reposição de resíduos orgânicos com alta relação C/N oriundos da palhada da forrageira e da cultura utilizada proporcionando uma cobertura vegetal do solo. Com isso, conclui-se que a adoção de sistemas integrados como agrossilvicultural, contribui com o aumento dos estoques de C e N e na ciclagem de nutrientes devido à alta reposição de biomassa produzida pelo consórcio da espécie arbórea leguminosa (*Gliricidia*) com a cultura e a forrageira, proporcionando assim, boa cobertura vegetal do solo, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e das necessidades de adubação mineral.

**Palavras – chave:** Sistemas Integrados; Recuperação de Solos; Pasto Degradado



## ABSTRACT

Land degradation is one of the main indicators of the low sustainability of livestock as it directly affects soil attributes due to the lack of conservation practices. Thus, the search for integrated production systems using grasses associated with leguminous tree species, which contribute to the accumulation of carbon (C) and nitrogen (N) in the soil, began to be used by producers in order to recover these areas providing increase in soil organic matter (OM) content contributing to C sequestration and mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions. Thus, the objective of this work was to evaluate the accumulation of C and N in the soil in production systems established with maize, Aruana grass (*P. maximum*) and Massai grass (*P. maximum*) associated with Gliricidia (*Gliricidia sepium*). The experiment was conducted in an experimental area at the “Fazenda Água Limpa” Experimental Station under Red Yellow Latosol. The experiment was carried out in the agricultural years 2017/2018 and 2018/2019. The treatments were distributed in experimental plots, with randomized block design with three replications and consisted of different densities of Gliricidia. The C and N contents were determined by dry combustion elemental analyzer and the means were compared by Tukey test ( $P < 0.05$ ). After five years of experimentation, incorporation into the ILPF system significantly increased C stock compared to degraded pasture. There was also an increase in C and N stock after Gliricidia implantation in the area with great potential for C sequestration, with values similar to those found in the Cerrado due to the replacement of high C / N organic residues from forage straw and of the crop used providing a mulch of the soil. Thus, it is concluded that the adoption of integrated systems such as agroforestry contributes to the increase of C and N stocks and nutrient cycling due to the high replacement of biomass produced by the legume tree (*Gliricidia*) consortium with the crop and forage, thus providing good soil cover, contributing to the reduction of environmental impacts and the needs of mineral fertilization.

**Keywords:** Integrated Systems; Soil Recovery; Degraded Pasture

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Estoques de C do solo nos diferentes manejos pastagem degradada (PD), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), em comparação com o Cerrado após cinco anos de estabelecimento. A linha vermelha tracejada indica o Cerrado nativo (referência). ..... 23
- Figura 2** Estoques de N do solo em diferentes sistemas de manejo diferentes manejos pastagem degradada (PD), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) após cinco anos de estabelecimento. A linha vermelha tracejada indica o Cerrado nativo (referência). ..... 24
- Figura 3** Estoques de C em diferentes densidades de plantas de Gliricidia com capim Massai..... 25
- Figura 4** Estoques de N em diferentes densidades de plantas de Gliricidia com capim Massai..... 26

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1 Degradação de pastagens .....	13
2.2 Sistemas integrados de produção agropecuária na recuperação de pastagens degradadas .....	14
2.3 Forrageiras utilizadas em sistemas integrados de produção agropecuária.....	16
2.4 Uso de <i>Gliricidia sepium</i> em sistemas integrados de produção .....	17
2.5 Alteração da matéria orgânica no solo .....	18
2.6 Estoques de Carbono e Nitrogênio no solo.....	19
3. OBJETIVO .....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.1 Caracterização da área .....	20
4.2 Manejo cultural e delineamento experimental .....	20
4.3 Determinação dos Estoques de C e N do solo.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
5.1 Estoques de carbono e nitrogênio no solo em pasto de capim Massai e Aruana ( <i>Panicum maximum</i> cv. Massai e Aruana).....	22
5.2 Estoques de carbono e nitrogênio no solo em pasto de capim massai ( <i>Panicum maximum</i> cv. Massai) e <i>Gliricidia</i> ( <i>Gliricidia sepium</i> ) em diversos espaçamentos.....	25
6. CONCLUSÕES.....	27
7. REFERÊNCIAS .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro com 204 milhões de hectares que abrangem praticamente 25% do território nacional distribuindo-se por diversas regiões do país (RUDORFF et al., 2015). Por abranger uma área tão ampla, este bioma apresenta significativas diferenças de relevo, temperatura, precipitação e altitude (FELFILI; FELFILI, 2001). Essa grande diversidade é responsável por uma grande variedade de fitofisionomias tornando o cerrado brasileiro detentor de 5% da biodiversidade de todo o planeta (SCARIOT; FELFILI, 2005).

Dos cerca de 173 milhões de hectares utilizados por pastagens no Brasil, 117 milhões de hectares são ocupados por pastagens (ZIMMER et al., 2012). Porém, de acordo com Macedo et al. (2014), estima-se que mais de 70% das pastagens cultivadas encontram-se em algum estágio de degradação, sendo que uma grande parte apresenta estágios avançados. Essa degradação é um dos principais indicadores da baixa sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras (CORDEIRO et al., 2015). Contudo, essas áreas apresentam um grande potencial para o desenvolvimento da pecuária, visto que a sua recuperação é menos onerosa que a abertura de áreas de vegetação nativa para a ampliação da produção.

Os sistemas de preparo do solo podem afetar os seus atributos físicos, químicos, biológicos e, conseqüentemente, a viabilidade dos sistemas de produção (DEBIASI et al., 2013), sendo assim a utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo é uma importante ferramenta para a recuperação e prevenção do aparecimento de novas áreas degradadas.

O uso de sistemas agroflorestais como integração lavoura-pecuária (ILP) (CORDEIRO et al., 2015), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (BALBINO et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015) além de se destacarem pela capacidade de conservação e recuperação de áreas degradadas, apresentam grande potencial para aumentar o teor de matéria orgânica (MO) do solo desempenhando um importante papel no sequestro de C e na mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

O uso de gramíneas e leguminosas forrageiras em sistemas integrados de produção agropecuária, apresentam grande potencial na disponibilização e na ciclagem de nitrogênio (N) através da fixação biológica de nitrogênio (FBN). PAULINO et al., (2009), demonstram o potencial para a introdução tanto de gramíneas quanto de leguminosas, visando o acúmulo de C e N no solo.

Correlações positivas entre a presença de N com o estoque de C em sistemas integrados de produção foram também observadas por Groppo et al. (2015) e demonstram o potencial para a introdução de leguminosas arbóreas visando o acúmulo de C e N no solo. Apesar disso, ainda há pouca informação sobre o efeito da introdução de gliricídia como componente do sistema integrado de produção na região do Cerrado.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de carbono e nitrogênio no solo em sistemas de produção estabelecidos com milho, capim Aruana (*P. maximum*) e capim Massai (*P. maximum*) associado com Gliricídia (*Gliricidia sepium*).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Degradação de pastagens**

A savana tropical brasileira (Cerrado), que se estende por 204 milhões de hectares, é responsável pela produção das principais commodities agrícolas nacionais (GALDINO et al., 2016) e abrange praticamente 25% do território nacional distribuindo-se por diversas regiões do país (RUDORFF et al., 2015). Essa grande diversidade é responsável por uma grande variedade de fitofisionomias tornando o cerrado brasileiro detentor de 5% da biodiversidade de todo o planeta (SCARIOT; FELFILI, 2005).

Dos 204 milhões de hectares, cerca de 53,3 milhões são ocupados por pastagens cultivadas onde cerca de 60% dessas áreas encontra-se em algum estágio de degradação, correspondendo a 32 milhões de hectares (Embrapa, 2014). Essa degradação tornou-se um dos principais indicadores da baixa sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras devido à escassez de práticas de manejo (BALBINO et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015).

Por definição, designa-se como degradação de pastagem ao processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e da capacidade de recuperação

natural de uma dada pastagem, tornando-a incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, bem como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras (MACEDO & ZIMMER 1993). Segundo Macedo et al.,(2014), as principais causas de degradação do solo são: o manejo inadequado da pastagem; a baixa reposição de nutrientes no solo; os impedimentos físicos dos solos; e os baixos investimentos tecnológicos. Num estágio avançado poderá haver considerável degradação dos recursos naturais (MACEDO, 1995).

Essas mudanças no uso da terra têm contribuído de forma significativa nas emissões de gases de efeito estufa, sendo 75% e 94% das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) respectivamente (BAYER et al.; 2011). Assim a utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo é uma importante ferramenta para a recuperação dessas áreas e para a prevenção do aparecimento de novas.

Com isso, estratégias para garantir o uso sustentável do solo foram propostas, visto que essas áreas apresentam um grande potencial para o desenvolvimento da pecuária, de forma a amenizar os impactos negativos da degradação através do uso de sistemas integrados de produção visando à preservação do meio ambiente garantindo maior biodiversidade no solo e conforto animal.

## **2.2 Uso de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária para recuperação de pastagens degradadas**

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) são uma estratégia de produção que integram diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais dentro de uma mesma área. Pode ser feita em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, de forma que haja benefício mútuo para todas as atividades (BALBINO et al., 2011). Esses sistemas de produção são responsáveis por aproximadamente 50% da produção de alimentos no mundo, 65% dos bovinos, 75% do leite e 55% dos cordeiros nos países em desenvolvimento (HERRERO et al., 2010). Os sistemas de preparo do solo podem afetar os seus atributos físicos, químicos, biológicos e, conseqüentemente, a viabilidade dos sistemas de produção (DEBIASI et al.; 2013). Com isso, a utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo é

uma importante ferramenta para a recuperação dessas áreas e para a prevenção do aparecimento de novas.

Esses sistemas além de promover diversos benefícios ao solo, plantas e animais, por explorar o sinergismo entre seus componentes, proporcionam maior produtividade, acúmulo da matéria orgânica (MO), aumento dos teores de carbono (C) orgânico e nitrogênio (N) no solo (LOSS et al., 2012) e preserva os recursos naturais. Kichel et al. (2012) ainda afirmam que nesses sistemas obtêm-se a produção sustentável de carne, leite, grãos, fibra, energia e produtos florestais respectivamente, dentre outros, buscando efeitos positivos e potencializadores entre os componentes envolvidos naquele agro ecossistema.

Sistemas integrados como os de integração lavoura-pecuária (ILP) (CORDEIRO et al., 2015), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (BALBINO et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015; COSER et al., 2018), além de destacarem-se pela capacidade de conservação e recuperação de áreas degradadas, apresentam grande potencial para aumentar os teores de MO do solo desempenhando um importante papel no sequestro de C e na mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

Esses sistemas propiciam maior eficiência do uso dos recursos naturais, de insumos, de maquinário e de mão-de-obra, além da diversificação de produtos, redução do impacto ambiental, recuperação de pastagens, diminuição do risco financeiro, rotação de culturas, aumento da rentabilidade por hectare, entre outros benefícios (MARQUES et al., 2018). Entre essas medidas, encontram-se os incentivos para a restauração de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e o incremento de 5 milhões de hectares com sistemas integrados de produção (ex. ILPF, agroflorestal e agrossilvipastoris) até 2030.

Apesar da crescente adoção de ILPF, ainda são escassas as informações voltadas para a produção de pequenos ruminantes, com o uso de espécies alternativas, com diferentes arranjos espaciais que promovam aumento da renda e a diminuição dos danos ambientais. Além disso, as alterações promovidas por esse sistema nos atributos do solo precisam ser mais bem caracterizadas. Entretanto, o uso do solo sob ILPF, promove alterações benéficas ao solo como incremento de MO diminuindo, assim, impactos negativos ao meio ambiente (BALBINO et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015; MACEDO et al., 2014).

Entre as alterações químicas e biológicas do solo que ocorrem através da adoção desse sistema, as que melhor indicam a qualidade do solo são as da MO, pois a sua presença relaciona-se de forma positiva com a melhoria de seus atributos. Latossolos altamente produtivos que apresentam elevados teores de MO resultam em solos com elevada qualidade (LOPES et al., 2013).

Em sistemas de produção, o uso de espécies arbóreas leguminosas tanto em pastagens quanto na produção de cultura de grãos, exercem efeitos positivos no microclima das pastagens ao atuar diretamente na redução da incidência de radiação solar e no balanço energético do sistema, com modificações da temperatura e umidade do ar (DIAS et al., 2007), apresenta também potencial na disponibilidade de N através da fixação biológica de N (FBN) (PAULINO et al., 2009) e pode também compor a dieta de ruminantes. Além disso, com o seu auxílio pode trazer benefícios como aumentar os teores de MO do solo (BOENI et al., 2014) visando o acúmulo de C e N no solo (COSTA et al., 2015).

Esses sistemas visam à produção sustentável com reflexos na quebra de ciclos de pragas e doenças, intensificação do uso da terra, recuperação de pastagens degradadas, diversificação dos sistemas de produção, aumento da renda do produtor e qualidade de vida, conservação e melhoria do solo e da água, eficiência no uso de insumos, mão de obra e dos recursos, e adequação ambiental. Dessa forma, o solo sob ILPF pode funcionar como fonte ou como dreno de C atmosférico.

### **2.3 Forrageiras utilizadas em sistemas integrados de produção agropecuária**

Sistemas que apresentam cobertura vegetal no solo e a redução de revolvimento proporcionam o armazenamento do C no solo. Além disso, a adoção de culturas e forrageiras com grande formação de fitomassa (aérea e radicular) com alta relação C/N, contribuem significativamente para a conservação da MO aumentando assim, os estoques de C no solo (BAYER et al., 2000).

Nas condições da região do Cerrado, as forrageiras do gênero *Panicum* e *Brachiaria*, leguminosas tropicais herbáceas e semi-arbustivas, notadamente do



gênero *Stylosanthes*, são as espécies mais adotadas, pois são tolerantes ao sombreamento.

Segundo Segnini et al., 2007, essas forrageiras tropicais são conhecidas também pela sua capacidade de adaptação às condições de clima e solos tropicais, produção de matéria seca em abundância, durante todo o ano, se as condições de temperatura e umidade do solo forem favoráveis.

Portanto, a adoção de sistemas integrados de produção com a utilização de forrageiras proporcionam efeitos positivos no aumento do acúmulo de C no solo contribuindo na sua conservação e na mitigação das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para atmosfera.

#### **2.4 Uso de *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) em sistemas integrados de produção agropecuária**

O uso de espécies arbóreas leguminosas em sistemas integrados apresenta grande potencial na disponibilização e na ciclagem de nitrogênio (N) através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (PAULINO et al., 2009). Sendo assim a recuperação de pastagens degradadas com o auxílio de espécies leguminosas apresenta grande potencial para aumentar os teores da Matéria Orgânica (MO) do solo e assim, conseqüentemente, diminuir as emissões de gases de efeito estufa através desta mobilização (BOENI et al., 2014). Correlações positivas entre a presença de N com o estoque de C em sistemas integrados de produção foram também observadas por Groppo et al. (2015) e demonstram o potencial para a introdução de leguminosas arbóreas visando o acúmulo de C e N no solo.

A *Gliricidia* destaca-se produção de biomassa rica em nutrientes para adubação orgânica, presença de um sistema radicular perene, cobertura e proteção do solo, manutenção ou melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, manutenção da microfauna em profundidade e produção de forragem para alimentação animal, além de outros produtos florestais ou não florestais (GÓMEZ & PRESTON, 1996; ESQUIVEL et al., 1998; BARRETO & FERNANDES, 2001).

Apresenta-se também como uma boa opção de espécie leguminosa por apresentar uma alta taxa de crescimento, rápida regeneração após as podas e

resistência a seca (OLIVEIRA et al., 2016) devido ao seu enraizamento profundo e adaptação em solos não férteis. Seu uso em sistemas integrados tem ganhado destaque pela alta produção de biomassa com baixa disponibilidade hídrica e pela capacidade de fixar N da atmosfera. Apresenta também, segundo Ferraz Júnior (2002), uma produção de biomassa em torno de  $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  capazes de disponibilizar em torno de  $56,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

Além disso, pode oferecer uma alternativa aos fertilizantes nitrogenados como meio de aumentar a disponibilidade de N no solo em benefício das plantas não leguminosas (KABA et al., 2019). Dessa maneira, o seu uso em sistemas agroflorestais tem crescido devido aos benefícios que esta leguminosa promove ao sistema consorciado.

## **2.5 Alteração da Matéria Orgânica (MO) no solo**

O aumento da MO tem efeitos positivos no solo, pois aumenta a biodiversidade microbiana favorecendo a disponibilidade de nutrientes para o sistema, melhorando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (DEBIASI et al.; 2013; LOPES et al., 2013), podendo comportar-se tanto como fonte quanto dreno de C para a atmosfera. As alterações na MO podem não ser verificadas em sistemas recém implantados quando medidas pelo C orgânico total (COT) do solo, dependendo dos aportes de C no solo (ROSCOE & BUURMAN, 2003; FIGUEIREDO et al., 2013).

O estudo de frações da MO, com tempo de ciclagem e formas de proteção diferentes, tem sido usado para melhor detectar a dinâmica da MO em solos sob diferentes sistemas de manejo (SÁ & LAL, 2009; FIGUEIREDO et al., 2013). Entre essas frações, as mais lábeis – como a matéria orgânica particulada – e ativas – como a biomassa microbiana – apresentam-se como as mais sensíveis para verificar mudanças na MO em função do uso do solo (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992).

Portanto, a adoção desses sistemas integrados de produção, que aumentam os estoques de C e N no solo e diminuem a sua perda para a atmosfera, podem constituir estratégias essenciais para a mitigação da emissão de GEEs ( $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ) e a diminuição da erosão dos solos (LIMA et al., 2018; SATO, et al., 2017).

## **2.6 Estoques de Carbono (C) e Nitrogênio (N) no solo**

O solo é um dos principais compartimentos que mais armazena C em comparação com o armazenamento da vegetação (RANGEL & SILVA, 2007). Com isso, mudanças no uso da terra que influenciam os estoques de C no solo podem ter efeitos negativos nas emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera trazendo consequências como o aumento do aquecimento global (SILVA, 2015).

O efeito sinérgico entre os sistemas integrados de produção agropecuária tem contribuindo para aumentar os estoques de carbono no solo, na diminuição da emissão de gases de efeito estufa, contribuem também para sustentabilidade ao sistema de produção (Carvalho et al., 2009).

Com isso, a adoção de sistemas integrados de produção aumenta os estoques de C orgânico do solo (COSTA et al., 2015) (através do incremento de MO do solo), diminuindo sua perda para a atmosfera com reflexo na estabilidade e produtividade dos agroecossistemas, já que a presença de N no solo mostra-se diretamente relacionada com os maiores estoques de C em sistemas de ILP (GROPPO et al., 2015) e na diminuição das emissões de GEE's. Além disso, as mudanças nas práticas de manejo do solo podem ser observadas a curto prazo, que quando feitas de maneira inadequada, acarretam na perda acelerada dos estoques de C de origem orgânica (Loss et al., 2012).

Assim, o fracionamento da MO ajudará a compreender a capacidade de determinadas práticas de manejo do solo em acumular e estabilizar o C, o N e em melhorar a qualidade do solo ao longo dos anos. Visto que os usos da terra de maneira inadequada causam alterações nas frações da MO, podendo também trazer implicações na estrutura do solo, na capacidade de troca catiônica, além de impactos na emissão de Gases Efeito Estufa, visto que a MO é o principal reservatório de C nos sistemas agrícolas.

O acúmulo de frações da MO do solo é dependente, entre outros fatores, do incremento de C oriundo das palhadas das culturas estabelecidas. Nesse sentido, a adoção de sistemas integrados de produção que envolve o uso de espécies forrageiras em consórcio com graníferas e arbóreas representa uma excelente estratégia para incrementar quantidade suficiente de MO no solo. No entanto, o adensamento da espécie arbórea interfere no sombreamento, com reflexos na quantidade de palhada produzida pelas demais espécies do sistema. Assim, faz-se necessária a compreensão do efeito do adensamento da espécie

arbórea no acúmulo de frações lábeis e estáveis da MO do solo sob sistema integrado de produção.

### **3. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de carbono e nitrogênio no solo em sistemas de produção estabelecidos com milho, capim Aruana (*P. maximum*) e com capim Massai (*P. maximum*) associado com Gliricidia (*Gliricidia sepium*).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da área**

O experimento foi conduzido em uma área experimental do Centro de Manejo de Ovinos localizado na Estação Experimental “Fazenda Água Limpa” (latitude de 15° 55’ S, longitude de 47° 51’ W e altitude de 1080 metros) em Latossolo Vermelho Amarelo. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019.

De acordo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw (tropical chuvoso), com duas estações bem definidas: invernos secos e verões úmidos. A temperatura média anual varia de 22°C a 25°C e a precipitação média anual ficam em torno de 1500 mm, sendo que 80% dessa precipitação ocorrem entre os meses de outubro e março.

O solo foi classificado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, et al., 2013), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico.

### **4.2 Manejo cultural e delineamento experimental**

Antes da implantação do experimento (2005), a área era consolidada com vegetação nativa (Cerrado). Em 2006 a área foi utilizada para pastagem de ovinos que permaneceram na área até novembro de 2012, sendo que a pastagem foi considerada em avançado estágio de degradação (em 2006 foi corrigida quanto aos teores de calcário e fertilizantes, mas após esse período não houve mais nenhuma reposição de nutrientes/calagem). Em 2013, para o estabelecimento do experimento, foi realizado o preparo do solo com arado de

disco e grade niveladora e com as devidas correções químicas (calagem e adubação corretiva) para plantio da cultura do milho (*Zea mays*) em consórcio com a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. Massai. Posteriormente foi realizado o plantio da espécie arbórea Gliricidia (*Gliricidia sepium*), introduzida na área em novembro de 2014 conforme as especificações de cada tratamento.

Os tratamentos (T1, T2, T3 e T4) foram distribuídos em parcelas experimentais de 400 m<sup>2</sup> (25 m x 16 m), com delineamento estatístico em blocos ao acaso com três repetições e foram constituídos por diferentes arranjos espaciais (densidade de plantas) da leguminosa arbórea: T1: 667 plantas por hectare (5 m x 3,0 m); T2: 800 plantas por hectare (5 m x 2,5 m); T3: 1000 plantas por hectare (5 m x 2,0 m); e T4: 1333 plantas por hectare (5 m x 1,5 m). Nas entrelinhas da espécie arbórea foi cultivada, em sistema de consórcio, milho (*Zea mays*) e capim Massai (*Panicum maximum* cv. Massai). Foram avaliados também parcelas de ILP com capim Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana), de uma pastagem degradada (PD) e de uma vegetação nativa (Cerrado Sensu stricto – denso), em áreas adjacentes ao experimento, como referência, para comparar a eficiência do acúmulo de C e N no solo sob sistema ILPF.

Nos sistemas de manejo (PD, ILP e ILPF) e o Cerrado (como referência), foram coletadas amostras de solo para a determinação dos teores de C e N nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em março de 2017 e para determinação dos estoques nos diferentes adensamentos da espécie arbórea leguminosa Gliricidia foram coletadas amostras em março de 2018 nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Em cada uma delas, foram retiradas três amostras compostas, cada uma constituídas de três subamostras simples.

Para a determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas com o uso de anéis volumétricos (100 cm<sup>3</sup>) em outubro de 2017, conforme o procedimento indicado pela Embrapa (2017).

#### **4.3 Determinação dos Estoques de Carbono e Nitrogênio do solo**

Os teores de C e N do solo nas diferentes densidades foram determinados em analisador elementar (COHNS – Eurovector) por via combustão seca. Os teores de N total para determinação dos estoques de N na comparação da eficiência do acúmulo de N no solo com uma PD e de uma vegetação nativa

(Cerrado Sensu stricto – denso), em áreas adjacentes ao experimento foram determinados conforme o método de Kjeldahl (BREMNER; MULVANEY, 1982).

Para determinação dos estoques de C e N para as camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm foram calculados pelo método da camada equivalente do solo (ELLERT; BETTANY, 1995), conforme a equação abaixo:

$$CS (Mg ha^{-1}) = \Sigma (TC \times Bd \times T \times 10)$$

Onde:

CS = estoque C ( $Mg ha^{-1}$ ) de cada camada amostrada;

TC = C orgânico total ( $g kg^{-1}$ ) de cada camada amostrada;

Bd = densidade aparente ( $Mg m^{-3}$ ) de cada camada amostrada;

T = espessura da camada amostrada (0-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm).

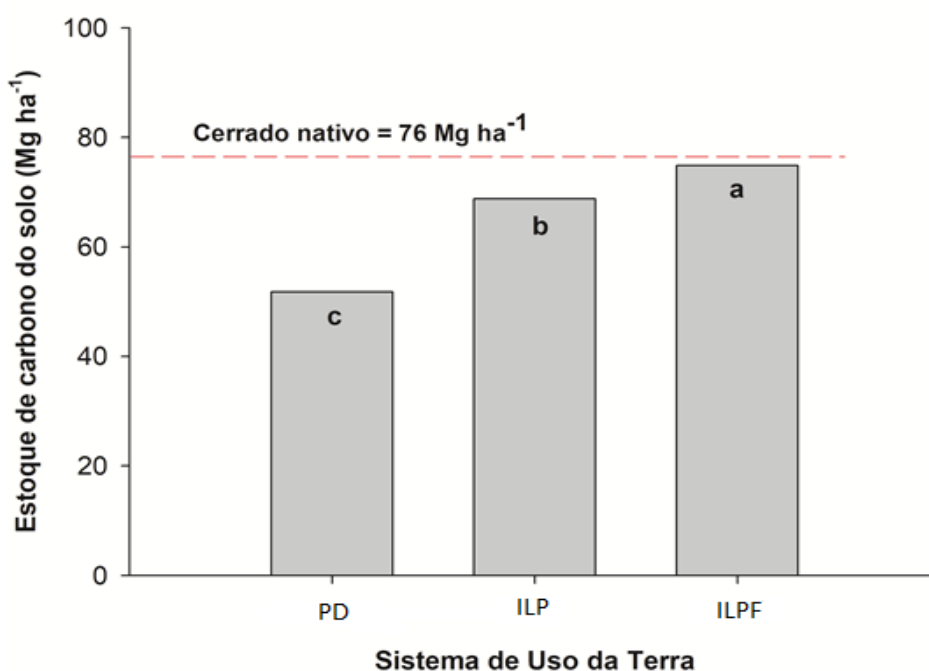
Os dados foram comparados de duas formas. Na primeira foram comparadas as áreas sob pastagem degradada (PD), sob ILP e sob ILPF. Para representar esta última, foram utilizadas as parcelas do tratamento composto por 1000 plantas de gliricídia por hectare (5 m x 2,0 m). Na segunda avaliação as diferentes densidades de plantas de gliricídia foram comparadas no sistema ILPF. Em ambas avaliações, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) utilizando o programa estatístico R (R version 3.2.4, 2016).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Estoques de Carbono e Nitrogênio no solo em pastos de capim Massai e Aruana (*Panicum maximum* cv. Massai e Aruana)

Os estoques de C nos sistemas de manejo do solo são apresentados na Figura 1. Entre os tipos de manejos, a pastagem degradada (PD), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), em comparação com o cerrado, apresentaram diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ). Após cinco anos de condução do experimento, a incorporação do sistema ILPF aumentou significativamente o estoque de C comparado com a PD. Houve também um aumento no estoque no sistema ILP. Conceição et al. (2017), em seu estudo sobre os estoques de C no solo sob diferentes sistemas de manejo na zona de transição Cerrado/Amazônia, sugerem que esse potencial pode estar

relacionado com a combinação de espécies arbóreas, pastagens e culturas na mesma área, favorecendo, dessa maneira, o acúmulo e a manutenção da MO do solo devido a reposição de resíduos orgânicos com alta relação C/N oriundos da palhada da forrageira e da cultura utilizada, proporcionando uma cobertura vegetal do solo.



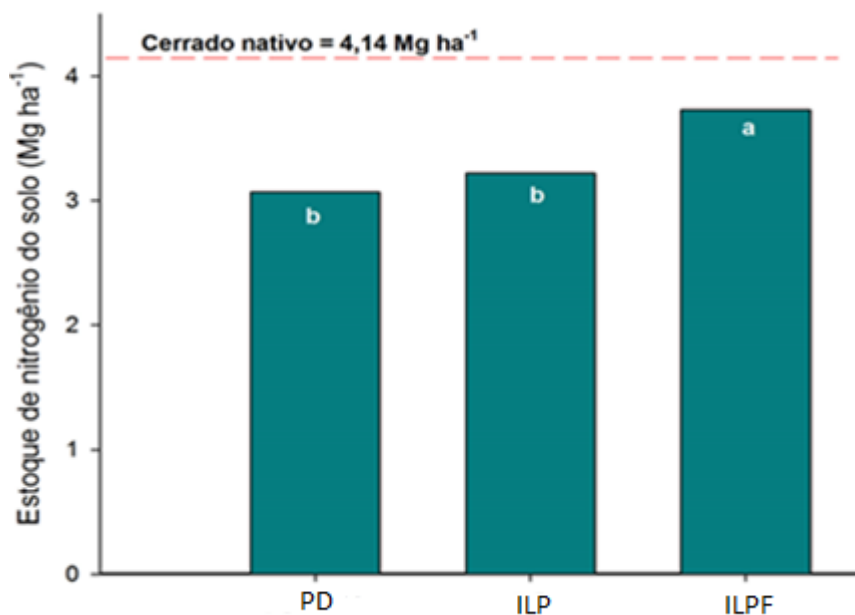
**Figura 1** Estoques de C do solo nos diferentes manejos pastagem degradada (PD), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), em comparação com o Cerrado após cinco anos de estabelecimento. A linha vermelha tracejada indica o Cerrado nativo (referência).

Coser et al. (2018) avaliando o acúmulo de C a curto prazo de uma pastagem de baixa produtividade, evidenciaram que houve um aumento do estoque de C após a implantação da leguminosa *Gliricidia* na área e, ainda sugere que sistemas agroflorestais apresentam grande potencial no sequestro de C, com valores semelhantes aos encontrados no Cerrado.

Na Figura 2 estão apresentados os valores dos estoques de N nos três sistemas de manejo e no Cerrado (como referência).

Os resultados dos sistemas foram comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), onde apenas o ILPF apresentou diferença significativa no estoque de N quando comparado com os outros dois sistemas, que não se diferenciaram entre si. Essa diferença pode ser explicada pela qualidade e quantidade da biomassa disponibilizada pela espécie arbórea leguminosa (*Gliricidia*) que

apresenta baixa relação C/N com altos teores de N em sua composição, produzindo, desta forma, uma palhada de fácil decomposição favorecendo a disponibilização de N obtida pela Fixação Biológica de Nitrogênio para o sistema (PAULINO et al.; 2009). Paula et al. (2015) sugerem que o uso de Gliricidia (como adubo verde) pode contribuir, em longo prazo, para o aumento da fertilidade do solo e para a disponibilidade de nutrientes para as culturas.



**Figura 2** Estoques de N do solo em diferentes sistemas de manejo de pastagem degradada (PD), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) após cinco anos de estabelecimento. Os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A linha vermelha tracejada indica o Cerrado nativo (referência).

Os resultados obtidos estão de acordo com vários estudos que mostram o potencial da conversão de pastagens degradadas em sistemas integrados de produção, tendo grande importância em atuar de forma positiva no sequestro de Carbono (BALBINO et al., 2011; FROUFE et al., 2011). O aumento dos teores de C orgânico pode estar relacionado com o aumento dos teores de N no solo (CONG et al., 2015; COSER et al., 2016), entretanto, após a introdução da Gliricidia ficou evidente o aumento nos estoques de C e N.

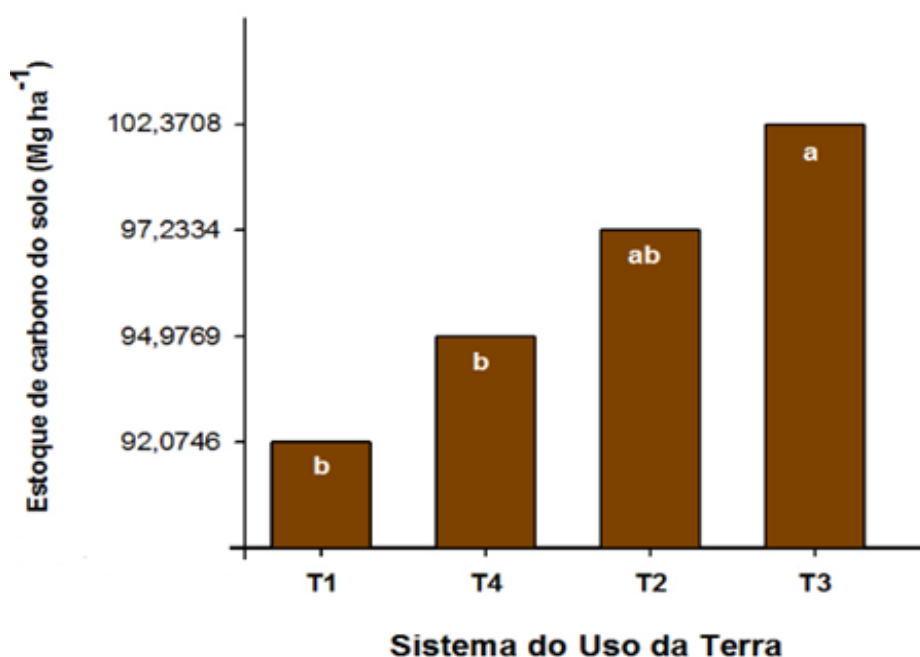
A adoção de sistemas integrados, como agrossilvicultural, contribui com o aumento dos estoques de C e N e na ciclagem de nutrientes devido a alta reposição de biomassa produzida pelo consócio da espécie arbórea leguminosa (Gliricidia) com a cultura e a forrageira.



## 5.2 Estoques de Carbono e Nitrogênio no solo em pastos de capim Massai (*Panicum maximum* cv. Massai) e Gliricidia (*Gliricidia sepium*) em diversos espaçamentos

Na Figura 3 são mostrados os estoques de C do solo em diversos espaçamentos de plantas de Gliricidia em consórcio com milho e a gramínea.

As diferentes densidades de plantas apresentaram diferenças nos estoques de C do solo ( $P < 0,05$ ). Houve um incremento do estoque de C com a adoção da densidade 1000 plantas de Gliricidia por hectare (T3), com estoque de C maior do que nos tratamentos T1 e T4, não se diferenciando do T2. Os resultados do presente estudo indicam que o tratamento T3 apresentou uma densidade de plantas de Gliricidia adequada para o acúmulo de C no solo, como resultado do incremento de matéria orgânica do solo em sistema ILPF.

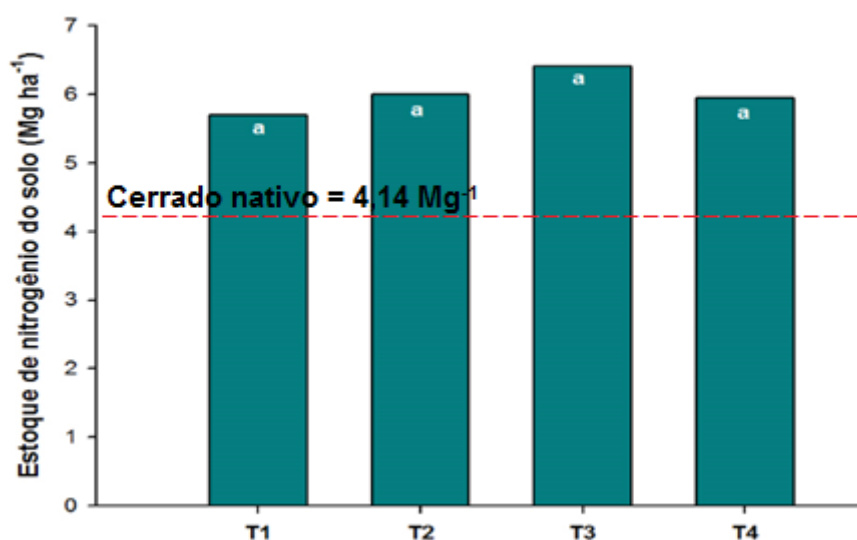


**Figura 3** Estoques de C em diferentes densidades de plantas de Gliricidia com capim Massai. Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O tratamento com maior densidade de plantas (T4), no entanto, não diferiu do tratamento (T1), indicando o efeito limitante para estoque de C do solo com densidades superiores a 1000 plantas  $ha^{-1}$ . Essa limitação pode ser decorrente do excesso de sombreamento causado pela Gliricidia sobre os demais componentes do sistema representados pelo milho e pela gramínea.

Mascarenhas et al. (2017) estudando sobre atributos físicos e estoques de C do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental, observaram que o sombreamento do cacauzeiros por bananeiras e por Gliricidia, a qual recebeu podas periódicas de modo que o material resultante fosse depositado no solo, verificaram que arranjos espaciais que favoreçam o aporte de matéria orgânica no solo, podem contribuir para o aumento dos estoques de C do solo em sistemas agroflorestais.

Na Figura 4 são apresentados os estoques de N na camada de 0-40 cm do solo sob efeito da densidade de plantas de Gliricidia. Não foram verificadas diferenças nos estoques de N entre os tratamentos avaliados. Porém, quando os resultados são comparados aos teores dos estoques de N encontrados no cerrado nativo ( $4,14 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) mostram que em todos os tratamentos houve um aumento significativo após a introdução no sistema com o uso da Gliricidia. Cong et al. (2015) e Coser et al. (2016) mostram em seus trabalhos que o aumento dos teores de C orgânico pode estar relacionado com o aumento dos teores de N no solo.



**Figura 4** Estoques de N em diferentes densidades de plantas de Gliricidia com capim Massai. Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Portanto, a adoção de sistemas integrados como ILPF favorece o aumento dos estoques de C e N, bem como na ciclagem de nutrientes, devido à alta reposição de biomassa produzida pelo consócio da Gliricidia com o milho e a forrageira.

## 6. CONCLUSÕES

Após cinco anos de implantação do sistema, observou-se que:

- ✓ O estabelecimento simultâneo de gramíneas forrageiras do gênero *Panicum* ou consorciadas com leguminosa *Gliricidia sepium*, junto com a cultura de milho, para recuperação de pastagens em sistemas integrados de produção agropecuária, aumentam o potencial de acúmulo de Carbono e Nitrogênio no solo;
- ✓ Maior ciclagem de nutrientes no solo;
- ✓ Promove a reposição de resíduos orgânicos com alta relação C/N oriundos da palhada das forrageiras e da cultura utilizada;
- ✓ Proporciona boa cobertura vegetal do solo, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e das necessidades de adubação mineral.

## 7. REFERÊNCIAS

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; SILVA, V. P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1–12, 2011.

BARRETO, A.C. FERNANDES, F.M. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesq. Agropec. Bras.**,V. 36, p.1287-1293, 2001.

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, 2000.

BAYER, C.; AMADO, T. J. C.; TORNQUIST, C. G.; CERRI, C. E. C.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; NICOLOS, R. S. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos de Ciência do Solo**, v. 7, p. 55-118, 2011.

BOENI, M.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; CONCEIÇÃO, P.C.; DICK, D.P.; KNICKER, H.; SALTON, J.C.; MACEDO, M.C.M. Organic matter composition in density fractions of Cerrado Ferralsols as revealed by CPMAS NMR: Influence of pastureland, cropland and integrated crop-livestock. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.190, p.80-86, 2014.

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

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of American Journal**, 56:777-783, 1992.

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, n. 2, p. 342-349, 2009.

CONCEIÇÃO, M. C. G.; MATOS, E. S.; BIDONE, E. D.; RODRIGUES, R. A. R.; CORDEIRO, R. C. Changes in Soil Carbon Stocks under Integrated Crop-Livestock-Forest System in the Brazilian Amazon Region. **Agricultural Sciences**, v. 08, n. 09, p. 904–913, 2017.

CONG, W. F., HOFFLAND, E., Li, L., JANSSEN, B. H., VAN DER WERF, W. Intercropping affects the rate of decomposition of soil organic matter and root litter. **Plant and Soil**, 391(1-2), 399-411, 2015.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; JÚNIOR, G. B. M. Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estratégias Para Intensificação Sustentável do Uso do Solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15–53, 2015.

COSER, T. R. RAMOS, M.L.G., FIGUEIREDO, C.C. CARVALHO, A.M. CAVALCANTE, E., MOREIRA, M. K. R., ARAÚJO, P.S.M., OLIVEIRA, S.A. Soil microbiological properties and available nitrogen for corn in monoculture and intercropped with forage. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1660–1667, 2016.

COSER, T. R.; FIGUEIREDO, C. C.; JOVANOVIC, B.; MOREIRA, T. N.; LEITE, G. G.; FILHO, S. L. S.C.; KATO, E.; MALAQUIAS, J. V.; MARCHÃO, R. L. Short-term buildup of carbon from a low-productivity pastureland to an agrisilviculture system in the Brazilian savannah. **Agricultural Systems**, n. September 2017, 2018.

COSTA, N. R. ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C.S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852–863, 2015.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E., SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013.

DIAS, P. F., SOUTO, S. M., CORREIA, M. E. F., DE MENEZES RODRIGUES, K., FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo

em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 38–44, 2007.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, n. 4, p. 529–538, 1995.

ESQUIVEL, J.; IBRAHIM, M.; JIMENEZ, F. PEZO, D. Distribución de nutrientes en el suelo en sociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) e *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. **R. Agrofor. la Am.**, V. 5, p. 39-43, 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado](http://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado)&gt; 2014. Acesso em: 07 ago. 2019.

EMBRAPA SOLOS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176633/1/Densidade-solo.pdf>>. Acesso em: 20 dez 2018.

FELFILI, M. C.; FELFILI, J. M. Diversidade Alfa E Beta No Cerrado Sensu Stricto Da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 243–254, 2001.

FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. Cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do trópico úmido. In: **MOURA, E. G. (Org.) Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e o semi-árido Maranhense - Atributos, alterações, uso da produção familiar**. São Luiz: UEMA -MA, 2002. p.61-88.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; CARNEIRO, M.A.C.; RAMOS, M.L.G.; SÁ, J.C.M. Stratification ratio of organic matter pools influenced by management

systems in a weathered Oxisol from a tropical agro-ecoregion in Brazil. **Soil Research**, 51:133-141, 2013.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 143–154, 2011.

GALDINO, S.; SANO, E. E.; ANDRADE, R.G.; GREGO, C. R.; NOGUEIRA, C. B., FLOSI, A. H.G. Large-scale Modeling of Soil Erosion with RUSLE for Conservationist Planning of Degraded Cultivated Brazilian Pastures. **Land Degradation and Development**, v. 27, n. 3, p. 773–784, 2016.

GÓMEZ, M.E. PRESTON, T.R. Ciclaje de nutrientes en um banco de proteína de mata *Gliricidia sepium*. Liv. **Res. Rural Develop.**, V. 8, p. 6, 1996.

GROPPO, J. D.; LINS, S. R. M.; CAMARGO, P. B.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, P. R.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon, nitrogen, and phosphorus due to land-use changes in Brazil. **Biogeosciences**, v. 12, n. 15, p. 4765–4780, ago. 2015.

HERRERO, M., THORNTON, P. K., NOTENBAERT, A. M., WOOD, S., MSANGI, S., FREEMAN, H. A., LYNAM, J. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327, p. 822-825, 2010.

KABA, J. S. Zerbe, S., Agnolucci, M., Scandellari, F., Abunyewa, A. A., Giovannetti, M., & Tagliavini, M. Atmospheric nitrogen fixation by *gliricidia* trees (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) intercropped with cocoa (*Theobroma cacao* L.). **Plant and Soil**, 435(1-2), v.1, p. 323-336, 2019.

KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G.; COSTA, J.A.A. Integração lavoura-pecuária-floresta e sustentabilidade na produção de soja. In: **Congresso Brasileiro de**

**Soja**, 6, Cuiabá, MT. Anais... Cuiabá, MT: Embrapa; Aprosoja, 2012. p. 1-3. 1 CD-ROM, 2012.

LIMA, P. L. T.; SILVA, M. L. N.; QUINTON, J. N.; BATISTA, P. V. G.; CÂNDIDO, B. M.; CURTI, N. Relação entre sistemas de cultivo, cobertura de solo e erosão hídrica em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; JÚNIOR, F. B. R.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of Microbial Soil Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461, 2013.

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**, 46(10), 1269-1276, 2012.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) **Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens**, 2. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245, 1993.

MACEDO, M.C.M. Pastagens nos ecossistemas Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: **Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros, Brasília**. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p.28-62, 1995.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAÚJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In Embrapa Gado de Corte-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria - Tec - Fértil.**, p. 158–181, 2014.



MARQUES, M.; NETO, G.; BORGHI, E. Benefícios e Desafios da Integração Lavoura-Pecuária na melhoria da qualidade dos solos do Cerrado. p. 9–21, 2018.

MASCARENHAS, A. R. P., SCCOTI, M. S. V., Melo, R. R., Oliveira, C. F. L., SOUZA, E. F. M., ANDRADE, R. A., MÜLLER, M. W. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Pesquisa florestal brasileira**, 37(89), 19-27, 2017.

OLIVEIRA, V. R.; SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N.; PONTES, F. S. T.; ANTONIO, R. P. Growth of arboreal leguminous plants and maize yield in agroforestry systems. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 679–688, ago. 2016.

PAULA, P. D.; GUERRA, E. F. C.; SANTOS, J. G. M.; RESENDE, G. A.; SILVA, A. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 3, p. 791–800, 2015

PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1598–1607, 2009.

RANGEL, O. J. P., SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31(6), 1609-1623, 2007.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.107-119, 2003.

RUDORFF, B., RISSO, J., AGUIAR, D., GONÇALVES, F., SALGADO, M., PERRUT, J., ... & BALDI, C. Análise geoespacial da dinâmica das culturas anuais no bioma Cerrado: 2000 a 2014. **Agrosatélite Geotecnologia Aplicada Ltda.**: Florianópolis, Brasil, p. 8-10, 2015.

SÁ, J.C.M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, 103:46-56, 2009.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

SATO, J. H.; CARVALHO, A. M.; FIGUEIREDO, C. C.; COSER, T. R.; VILELA, L; MARCHÃO, R. L. Nitrous oxide fluxes in a Brazilian clayey oxisol after 24 years of integrated crop-livestock management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. (1), p. 55–68, 2017.

SCARIOT, A., SOUSA-SILVA, J. C., FELFILI, J. M. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. **Ministério do Meio Ambiente**, 2005.

SEGNINI, A., MARTIN NETO, L., PRIMAVESI, O., MILORI, D. M. B. P., DA SILVA, W. T. L.; SIMÕES, M. L. Sequestro de carbono em solos com gramíneas. **Embrapa Instrumentação-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

SILVA, L. J. Estoques de carbono e nitrogênio de solos e sua relação com atributos químicos de solos, águas e sedimentos marginais como indicadores de manejo e conservação de ecossistemas na Bacia do Rio Paraopeba-MG, 2015.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte. Documento 189**, p. 46, 2012.