

**UNIVERSIDA DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM
SUCESSÃO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA
COLONIZAÇÃO MICORRIZAS**

GABRIEL SILVA SANTOS

**BRASÍLIA, DF
Julho, 2018**

GABRIEL SILVA SANTOS

**INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO
NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA COLONIZAÇÃO
MICORRIZICA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador:
PROF^a. DR^a. ALESSANDRA MONTEIRO DE PAULA

**BRASÍLIA, DF
JULHO, 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Si	SANTOS, Gabriel Silva INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA / Gabriel Silva SANTOS; orientador Alessandra Monteiro de Paula. -- Brasília, 2018. 52 p. Monografia (Graduação - engenharia agronomica) -- Universidade de Brasília, 2018. 1. plantas de cobertura. 2. Cerrado. 3. micorrizas. 4. carbono orgânico total. 5. carbono orgânico particulado. I. Paula, Alessandra Monteiro de , orient. II. Título.
----	---

Nome do Autor: Gabriel Silva Santos

Título: Influência de plantas de cobertura e milho em sucessão nos atributos químicos do solo e na colonização micorrízica

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desse relatório 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 desse relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

GABRIEL SILVA SANTOS

INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em:

_____ de _____ de _____.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Alessandra Monteiro de Paula
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Maria Lucrecia Gerosa Ramos
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinadora

Prof^a. Dr^a. Lurdineide de Araújo Barbosa Borges
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinadora

DEDICATÓRIA

A Deus.

*In memória dos meus avós que já faleceram,
Em especial ao meu avô José Chagas e a minha avó Maria Lima
Aos meus pais, irmãos e a minha vó.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me guiado em todos os caminhos, pela benção e pela minha família.

A minha mãe Antonia e ao meu pai Raimundo, por todo o apoio, acolhimento, ensinamento, carinho, dedicação, amor e companheirismo durante toda a minha vida e principalmente durante o período da graduação. Aos meus irmãos Izabella e Daniel, por sempre estarem ao meu lado nos momentos mais difíceis e alegres da minha vida, sempre me apoiando e me acolhendo em minhas decisões. A minha tia Marinalva, ao meu tio Hemiston, meus primos Mariana, Rafael, Raquel, Célia e a todos da minha família.

Ao meu namorado Junior, por ter estado comigo durante todo este tempo, por ter me aguentando nos momentos difíceis e me incentivado a não desistir, pelo companheirismo, amizade, carinho, risadas, conversas, por sempre me ajudar e me apoiar e por todo o seu amor.

Aos meus colegas de laboratório Joyce, Luiz, Marcelo, Matheus, Plínio, Thales e minha amiga de experimento Eline por toda a ajuda, conselho, risada e conversas que tive durante o tempo que estive com cada um.

As minhas amigas Rayane Jeizebel, Stefany Braz, Paloma Dias, Flavia Gomes, Isabelle Prado e Vanessa Greice que fiz no começo da faculdade, que me ajudaram em todos os momentos, que fizeram os meus dias melhores em meio a tantos problemas que enfrentávamos durante ao curso, em especial a minha miga Nathalia Henriques, por ter estado comigo nos meus momentos difíceis e alegres, por todo ensinamento e ajuda, principalmente neste último semestre da graduação, que foi o mais difícil, conturbado e ao mesmo tempo alegre que tive, muito obrigado por tudo amigas. Vocês fizeram a minha graduação muito melhor, vou levar vocês sempre comigo, sou muito grato a cada uma de vocês.

Aos amigos, principalmente as “rolezeiras” que entraram na minha vida nos meus 2 últimos anos de faculdade, onde tive a honra de conviver e conhecer um pouquinho de cada um, em especial a Letícia Dantas, Karoline Maciel, Lemerson Brasileiro, Carolina Couto, Matheus Aguiar e Giovana Torres, os amigos que fiz ao decorrer do curso e que me proporcionaram muitos momentos alegres e divertidos, muitas conversas e ensinamentos. Amigos estes que pretendo levar sempre comigo, obrigado por tudo e principalmente pela diversão, vou sentir bastante falta do nosso convívio diário.

Queria agradecer de todo o meu coração a minha orientadora maravilhosa Alessandra Monteiro de Paula, por todo o ensinamento, ajuda e broncas que vinham em formas de piadas irônicas e que me faziam rir bastante quando saia de sua sala. Muito obrigado, professora. A senhora foi mais que uma orientadora, foi praticamente minha segunda mãe nesta reta final da graduação, a senhora é realmente muito boa no que faz, parabéns e mais uma vez, o meu muito obrigado.

Gostaria de agradecer todos os professores que passaram pela minha vida durante a graduação, em especial a professora Lucrécia, pelas conversas, conselhos e risadas que tivemos nesta reta final da graduação, vou sempre me lembrar de cada um de vocês.

Um agradecimento a pesquisadora Dr^a Arminda Moreira e Embrapa Cerrados, por terem cedido a área de estudo para a realização desse experimento, pois sem eles, nada disso teria acontecido.

Por fim gostaria de agradecer a Universidade de Brasília, por ter me mostrado que o mundo é muito maior do que imaginamos, por ter me ensinado sobre amor e respeito, independentemente de gênero ou classe, e por todos os ensinamentos que tive durante a minha graduação, obrigado UnB, por ter estado comigo em momentos estressantes mas em vários momentos felizes da minha vida, obrigado por ter me ensinado e por ter me acolhido, o meu muito obrigado a esta universidade que mudou a minha vida e minha forma de pensar e de enxergar o mundo e as pessoas, onde entrei um menino e sair um homem, com opiniões formadas e decisivas sobre as coisas, com menos preconceito e mais amor, muito obrigado a minha eterna e querida UnB.

O meu muito obrigado a todos e a todas que fizeram da minha graduação o momento mais importante e marcante da minha história, vou levar esta fase sempre comigo, me lembrando de cada um.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, ficando apenas atrás da Floresta Amazônica, apresentando um grande poder econômico quando se diz respeito ao agronegócio, aumentando sua área de produção e com isso o uso intensivo do solo. Com isso, o manejo do solo associado ao uso de plantas de cobertura visa diminuir o impacto da produção agrícola no Cerrado como o sistema de plantio direto com uso de plantas de cobertura, vem sendo adotado pelos produtores. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência que as plantas de cobertura mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), trigo (*Triticum aestivum* L), brachiária (*Brachiaria ruziziensis*) e a vegetação espontânea na fertilidade do solo, taxa de colonização micorrízica e o teor de carbono do solo e suas frações granulométricas e em sucessão ao milho. O experimento foi em blocos ao acaso, com 3 repetições, sendo coletado a raiz e solo nas parcelas cultivadas com as plantas de cobertura no solo com cultivo do milho em sucessão. Foram avaliadas a fertilidade do solo, taxa de colonização micorrízica e o teor de carbono e suas frações. As plantas de cobertura tiveram influência significativa na taxa de colonização micorrízica, em exceção do nabo forrageiro, por apresentar uma baixa relação simbiótica com o fungo; as plantas de cobertura também apresentaram influência significativa na fertilidade do solo, principalmente sobre o fósforo, CTC e saturação por alumínio. Não houve efeito do carbono particulado e o carbono lábil. Houve efeito nas plantas de cobertura no carbono orgânico total e no carbono lábil, não houve diferença significativa no carbono orgânico particulado.

Palavras-chave: plantas de cobertura, Cerrado, micorrizas, carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, carbono lábil

ABSTRACT

INFLUENCE OF COVERAGE PLANTS AND CORN IN SUCCESSION IN CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND MICORRYZIC COLONIZATION

The Cerrado is the second largest biome in the country, only behind the Amazon Forest, presenting great economic power when it comes to agribusiness, increasing its area of production and with this the intensive use of the soil. Thus, the management of the soil associated with the use of hedge plants aims to reduce the impact of agricultural production in the Cerrado as the no-tillage system with the use of hedge plants, has been adopted by the producers. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of plants (*Mucuna aterrima*), *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L), forage turnip (*Raphanus sativus* L.), wheat (*Triticum aestivum* L), *Brachiaria ruziziensis*) and spontaneous vegetation in soil fertility, mycorrhizal colonization rate and soil carbon content and their grain size fractions and in succession to maize. The experiment was a randomized complete block design, with three replications, and the root and soil samples were collected in the plots cultivated with the cover plants in the soil with maize cultivation in succession. Soil fertility, mycorrhizal colonization rate and carbon content and their fractions were evaluated. Cover plants had a significant influence on mycorrhizal colonization rate, except for forage turnip, because it had a low symbiotic relationship with the fungus; the cover plants also had a significant influence on soil fertility, mainly on phosphorus, CTC and aluminum saturation. There was no effect of particulate carbon and labile carbon. There was an effect in the cover plants on the total organic carbon and the labile carbon, there was no significant difference in the particulate organic carbon

Key words: cover crops, Cerrado, mycorrhizae, total organic carbon, particulate organic carbon, labile carbon

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Área de abrangência do Cerrado brasileiro16

Figura 2: Esquema do método da taxa de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares38

Figura 3: Taxa de colonização micorrizas nas plantas de cobertura, sobre plantio direto (PD) em Latossolo Vermelho, localizado na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. CJ – Crotalária juncea; NF – Nabo forrageiro; MP – Mucuna-preta; T- Trigo; VE – Vegetação espontânea; BR – Brachiária (médias realizadas pelo teste de Tukey $p \leq 05$, com efeito significativo; CV = 7,71).44

Figura 4: Taxa de colonização micorrizas no milho em sucessão com as plantas de cobertura, sobre plantio direto (PD) em Latossolo Vermelho, localizado na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. CJ – Crotalária juncea; NF – Nabo forrageiro; MP – Mucuna-preta; T- Trigo; VE – Vegetação espontânea; BR – Brachiária (médias realizadas pelo teste de Tukey $p \leq 05$, com efeito significativo, CV = 6,75).45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais efeitos promotores das MAs no crescimento vegetal26

Tabela 2: Espécies de plantas que foram usadas em sucessão com o milho..34

Tabela 3: Dados da análise química do solo do plantio direto (PD) do milho após sucessão com as plantas de cobertura, que se encontravam em Latossolo Vermelho na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF.42

Tabela 4: Carbono orgânico total (COT), em g kg⁻¹ em profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo Vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no sistema de plantio direto (SP) em sucessão com o milho. MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR- Brachiária; NF – Nabo forrageiro; VE – Vegetação espontânea.47

Tabela 5: Carbono orgânico particulado (COP), em g kg⁻¹ em profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no Sistema de Plantio Direto (SPD) em sucessão com o milho. MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR- Brachiária; NF – Nabo forrageiro; VE – Vegetação espontânea.48

Tabela 6: Carbono lábil (CL), em g kg⁻¹ na profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no sistema de plantio direto (SP) em sucessão com o milho. MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR- Brachiária; NF – Nabo forrageiro; VE – Vegetação espontânea.50

Tabela 7: Correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e a colonização micorrízica do milho cultivado em sucessão a diferentes plantas de cobertura, na região do Cerrado (* significativo a 5%; ** significativo a 1%). pH – Potencial Hidrogeniônico; P – Fósforo; K – Potássio; Ca+Mg – Cálcio e Magnésio; Al – Alumínio; H+Al – Acidez Potencial; SB – Soma de bases; CTC – Capacidade de troca de cátions; CM – Colonização micorrízica; COT – Carbono orgânico total; COP – Carbono orgânico particulado51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. BIOMA CERRADO.....	16
3.2. PLANTAS DE COBERTURA.....	18
3.3. PRINCIPAIS PLANTAS DE COBERTURA.....	21
3.3.1. Leguminosas.....	22
3.3.2. Gramíneas.....	23
3.3.3. Crucíferas	24
3.4. MICORRIZAS ARBUSCULARES E SEUS BENEFÍCIOS PARA O CRESCIMENTO VEGETAL.....	24
3.5. BENEFÍCIOS NUTRICIONAIS E NÃO NUTRICIONAIS	26
3.6. MATÉRIA ORGÂNICA E FRAÇÕES DE CARBONO NO SOLO	28
3.6.1. Carbono Orgânico Total (COT)	29
3.6.2. Carbono Orgânico Particulado (COP)	30
3.6.3. Carbono Lábil (CL).....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	33
4.2. ANÁLISES.....	35
4.2.1. Fertilidade do solo.....	35
4.2.2. Colonização radicular por fungos Micorrízicos Arbusculares	37
4.2.3. Frações de Carbono	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1. FERTILIDADE DO SOLO.....	41
5.2. . COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA	43
5.3. CARBONO ORGÂNICO TOTAL.....	46
5.4. CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO	47
5.5. CARBONO LÁBIL	48
5.6. RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E AS MICORRIZAS ARBUSCULARES.....	50
6 CONCLUSÕES	53
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUÇÃO

O Bioma Cerrado tem a sua maior localização no planalto central do Brasil, é o segundo maior bioma do Brasil, perdendo apenas para a floresta Amazônica. Uma das características marcantes do Cerrado, é sua vegetação, que apresenta árvores de médio porte e troncos tortuosos e com boa adaptação a seca, sendo uma vegetação densa e com arbustos e gramíneas, sendo considerado por isso uma região que possui formações florestais, savânicas e campestres, apresentando as estações de chuva e seca bem marcantes na região (RIBEIRO & WALTER, 1998; EMBRAPA, 2018).

O Cerrado com o auxílio de tecnologia adequada e sistema de produção, fez com que aos poucos começasse a surgir resultados na agricultura, com isso ele passou a representar uma importância na produção agrícola, e com o uso de plantas forrageiras adaptadas ao clima da região, fez com que o Cerrado tivesse a introdução de animais que apresentassem uma maior capacidade na produção de carne e leite (MACEDO, 1996).

Nos últimos anos, o Cerrado vem recebendo o uso de práticas de manejo que visam a manutenção e a melhoria das características físicas, biológicas e químicas do solo, com o uso de plantas de cobertura em sucessão aos cultivos econômicos no sistema de plantio direto onde não ocorre o revolvimento do solo, sendo estas plantas usadas por provocarem a redução de processos erosivos dentre outras vantagens (BRAGAGNOLO & MIELNICZUK, 1990; CAMPOS et al., 1994).

As plantas de cobertura também são usadas por promover a simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares, que são fungos obrigatórios e que necessitam de um hospedeiro para completar seu ciclo de vida, com isso, os fungos acabam realizando a penetração nas raízes das plantas fazendo com que ocorra o surgimento de hifas alongadas e que se espalham no solo, tendo como função principal a captura de nutrientes, principalmente o fósforo (P), que é considerado um nutriente pouco móvel no solo e de grande relevância para o desenvolvimento das plantas. No Cerrado as micorrizas apresentam uma grande importância, pois os solos são caracterizados pela acidez e com uma baixa fertilidade.

Quando se faz uso de plantas de cobertura em áreas nativas do cerrado, com o passar do tempo, as plantas acabam inserindo os fungos micorrízicos no solo, fazendo com que aumente a população dos fungos, já que a região apresenta uma comunidade reduzida de fungos micorrízicos (MIRANDA & MIRANDA, 1997).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência que as plantas de cobertura exercem em relação a taxa de colonização dos fungos micorrízicos arbusculares, fertilidade e as frações de carbono no solo, em um sistema de plantio direto em sucessão com o milho.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a taxa de colonização micorrízica nas plantas de cobertura e no milho em sucessão.
- Avaliar o carbono orgânico total e suas frações granulométricas do solo em plantas de cobertura em sucessão com o milho em sistema de plantio direto.
- Avaliar a influência das plantas de cobertura após o plantio do milho na fertilidade do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Bioma Cerrado

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2018), o Cerrado é considerado o segundo maior bioma da América do Sul, com uma extensão territorial de 2.036.448 km² de área, ocupando assim 22% do território nacional, onde três das maiores bacias hidrográficas da América Latina são alimentadas por nascentes nele localizadas. Esse bioma apresenta a maior biodiversidade do mundo, tendo sua concentração na região central do Brasil nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e toda extensão do Distrito Federal, podendo ainda ser encontrado em Tocantins, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo, Amapá, Roraima e Amazonas (Figura 1).



Figura 1: Área de abrangência do Cerrado brasileiro

FONTE: ABIDES,2018

O Cerrado apresenta diversas ordens de solos, entre elas temos: Latossolos (45,7%), Neossolos Quartzarênicos (15,2%), Podzólicos (15,1%), Neossolos Plínticos (9 %), Neossolos Litólicos (7,3%), Cambissolos (3,1%), sendo estes os que apresentam maior amplitude territorial (EMBRAPA, 2018). Entre os solos que compõem o Cerrado, o Latossolo Vermelho-Escuro (18,7%) entre todos, é o que apresenta maior ocorrência na região, caracterizado por um elevado grau de intemperismo, profundo, com uma ótima drenagem, bem estruturado, agregado bem estabilizado, elevada permeabilidade, boa aeração, baixa resistência à penetração e que se assentam em relevos planos ou levemente ondulados (KLUTHCOUSKI et al., 2003; EVANGELISTA, 2011).

O clima do Cerrado é classificado como tropical sazonal (KLEIN, 2000), tendo seus períodos de chuva (outubro/março) e seca (abril/setembro) bem definidos durante o ano (KLINK & MACHADO, 2005), mas tendo que levar em consideração as constantes variações climáticas que ocorrem durante os diversos anos por ter uma grande distribuição e extensão no território nacional. Além disso, no Cerrado ocorre o fenômeno denominado veranico assim como em toda a zona intertropical, que são períodos onde as chuvas são interrompidas durante a estação chuvosa (VARGAS & HUNGRIA, 1997; RTID/INCRA, 2011).

A expansão do Cerrado ocorreu no ano de 1970, onde foi implementada uma agropecuária focada na ciência, tecnologia e formação, fazendo com que a região entrasse nas áreas agrícolas, mas tendo uma vantagem por apresentar um relevo plano em quase toda sua extensão de Cerrado, terras baratas e uma elevada disponibilidade hídrica, tendo os incentivos fiscais (crédito agrícola; subsídios a exportação e investimentos em infraestrutura) uma grande relevância no desenvolvimento agrário do Cerrado foram usados, com investimento, onde pesquisas que focavam principalmente o melhoramento do solo nos aspectos físico-químico, tornando adequado as demandas do capital, sendo representadas pelas *commodities* (MATOS E PESSÔA, 2014; DOS SANTOS, 2016).

O Cerrado é considerado umas das principais áreas de produção agrícola e agrária do país, com isso o bioma sofre com o desgaste do solo. Além dos grandes produtores, a agricultura familiar também vem recebendo grande importância na economia da região, recebendo cada vez mais incentivo do governo (EDP-IV, 2012).

Apesar de apresentar uma grande relevância no aspecto biológico e para as populações (indígenas, quilombolas, ribeirinhos e entre outros) que sobrevivem dos recursos naturais que o bioma do Cerrado disponibiliza e que estão inseridas no patrimônio histórico e cultural brasileiro, é considerado o bioma com menor proteção integral, tendo apenas 8,21% do seu território totalmente protegido, destes 2,85% são unidades de conservação e proteção integral e 5,56% são áreas de conservação de uso sustentável, onde 0,07% inclui a Reserva Particular de Patrimônio Cultural – RPPNs (MMA, 2018)

Problemas como erosão, compactação, destruição dos agregados, redução da matéria orgânica e outros podem ser evitados quando se tem um manejo adequado do solo, com soluções que minimizem o preparo do solo, como o uso do sistema de plantio direto, por ser um método que não se faz uso do revolvimento do solo (MENDES et al., 1999).

Para Gonçalves e Ceretta (1999), o sistema de plantio direto é considerado uma técnica conservacionista de manejo, que faz com que os resíduos vegetais permaneçam na superfície do solo, provocando a conversação e recuperação da capacidade produtiva do solo, e a quantidade e qualidade da palhada deixada pelas plantas de cobertura, proporciona uma manutenção e incorporação de matéria orgânica que é de grande importância, por disponibilizar a melhoria dos nutrientes para as próximas culturas (REICOSCKY & FORCELLA, 1998).

3.2. Plantas de Cobertura

As plantas de cobertura são usadas como forma de proteção do solo, visando manter as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo também serem usadas em sucessão, consórcio e rotação com outras culturas (CARVALHO, 2010).

Segundo Alvarenga et al. (2001), existem diversos tipos de plantas de cobertura para cada tipo de solo, o que faz com que a sua qualidade e quantidade dependa do sistema de rotação que foi implementado e do manejo do solo.

As plantas de coberturas são bastante utilizadas por produzirem uma elevada quantidade de biomassa, contribuindo com a formação de uma camada de palha no solo, que irá promover a reciclagem de nutrientes no solo, trazendo benefícios às culturas e possibilita a redução nos custos de produção (GAMBARATO et al., 2005). Este fato está relacionado com a capacidade das plantas em absorver os nutrientes das camadas subsuperficiais e posteriormente os liberar na camada superficial pela decomposição de seus resíduos (DUDA et al., 2003). De acordo com o local, é recomendado que se escolha uma espécie adaptada a região, levando em consideração a velocidade com que elas levam para se estabelecer e suas produções de fitomassa, pois quanto maior a produção de fitomassa maior será quantidade de palha sobre o solo (ALVARENGA et al., 2001).

As plantas de cobertura podem ser cultivadas em sucessão, fazendo com que as sementes de espécies invasoras sejam mantidas em níveis baixos. As culturas em sucessão são usadas como fonte de proteção do solo, se tornando uma prática crescente cada vez mais nas áreas cultivadas do Cerrado por contribuírem também com o controle de plantas daninhas (SODRE FILHO et al., 2008; CARMONA, 1992). O uso de plantas de cobertura juntamente com a sucessão de culturas comerciais como o milho, proporciona melhorias as propriedades físicas do solo em profundidade (ALVES & SUZUKI 2004).

O uso de rotação de culturas nas entressafras é bastante recomendado, pela diversidade microbiana que o sistema apresenta (SODRÉ FILHO et al., 2004), pois com o passar dos anos, a densidade do solo no sistema de plantio direto apresenta uma diminuição em consequência da elevada taxa de matéria orgânica que se encontra na camada superficial do solo, o que faz com que sua estrutura seja melhorada. Na rotação de culturas, com espécies que apresentam um sistema radicular bem desenvolvido e uma elevada matéria seca, contribui para o melhoramento do solo (STONE & SILVEIRA, 2001).

As plantas de cobertura também podem ser usadas em forma de consorciação, quando se faz o planejamento de uma cultura comercial com uma planta de cobertura de inverno já plantada, que apresente porte herbáceo, habito rasteiro e com ciclo longo. Mas pode ser feito o uso de uma cultura comercial com uma planta de cobertura de verão, desde de que as plantas apresentam um crescimento inicial lento, pois assim não ocorre competição de água, luz e nutrientes com a cultura comercial. O consorcio é priorizado quando a cultura e as plantas de cobertura apresentam características distintas e complementares, visando a agregação ou potencialização que possam ser benéficos para o solo como para as culturas posteriores (WILDNER, 2014).

Existe também outras formas de cultivos, como o uso de faixas onde as plantas de cobertura ficam intercaladas entre faixas das culturas comerciais, onde nos próximos anos ocorre uma rotação de cultura, com a finalidade de fazer com que as plantas de cobertura possam passar por todas as faixas por um determinado período. Uma outra forma é o uso de plantas de cobertura com os cultivos perenes, onde as plantas de cobertura serão semeadas nas entrelinhas dos cultivos perenes, levando em consideração que as plantas não podem ser

agressivas com a finalidade de não competirem com a cultura que apresenta o valor comercial (WILNDER, 2014).

Ainda, as plantas de cobertura podem ser utilizadas na recuperação ou na reforma de pastagens degradadas, pois quando ocorre a decomposição dos resíduos vegetais pelos microrganismos, proporcionam os nutrientes ao solo que se apresenta degradado, fazendo com que as suas características químicas, físicas e biológicas melhorem com o passar do tempo, onde o uso de espécies leguminosas arbóreas em áreas degradadas, é eficaz ao contribuir com os nutrientes pelo material formado pela serapilheira (VISCHI FILHO, 2006).

Outros possíveis uso das plantas de cobertura na recuperação de áreas degradadas, é a utilização de lodo de esgoto, por apresentar um custo baixo para o descarte do material, fornecendo a reutilizando de nitrogênio e diminuição dos produtos químicos, e quando produzido em elevadas temperaturas (400 e 500°C) auxilia na diminuição da concentração de N₂O (ARAUJO, 2015).

Quando se faz o uso de espécie de cobertura, elas evitam a exaustão do solo. Para que isso ocorra, a espécie escolhida deve ser eficiente na ciclagem de nutrientes, havendo uma sincronia entre os nutrientes que a planta irá liberar no solo e a demanda que a cultura seguinte com valor comercial exige (BRAGA PEREIRA et al., 2004).

No Cerrado, a época de plantio é considerada um dos fatores limitantes para o uso de plantas de cobertura (PEREIRA et al., 1992). Isso está relacionado com os eventos climáticos, como a ocorrência de veranicos no mês de janeiro ou mesmo o início precoce da estação seca. Esses eventos podem prolongar a época da colheita da cultura de verão e com isso, atrasar o plantio das plantas de cobertura, que podem ter seu crescimento prejudicado pelo início da estação seca, ocasionando uma baixa produção de cobertura morta (AMBILE et al., 2000).

As plantas de cobertura devem ser escolhidas de acordo com as condições climáticas da região e do interesse do produtor com a plantas selecionadas. As espécies devem crescer em solos com baixa a média fertilidade do solo e com adaptação com valores baixos de pH do solo (JOILSON et al., 2004).

As plantas de cobertura utilizadas no Cerrado devem apresentar algumas características marcantes que são: rusticidade, crescimento inicial rápido, aliados a alta produção de biomassa na época da seca (SODRÉ FILHO et al., 2004).

Quando se faz uso de plantas de cobertura tolerantes ao estresse hídrico e com uma decomposição mais lenta, favorece a cobertura do solo devido as plantas apresentarem um fornecimento maior de nitrogênio (CARVALHO et al., 2008)

O uso intensivo do solo com culturas anuais por um certo de tempo em uma mesma área onde não é realizada a reposição dos nutrientes ao solo, faz com que ao longo do tempo o solo se degrade, causando uma redução na produtividade da cultura (GAMBAROTO et al., 2005).

Dessa forma, a utilização de plantas de cobertura pode promover efeitos positivos no solo como: ciclagem rápida de nutrientes favorecendo as culturas posteriores, quando não se faz uso do revolvimento do solo, as frações de fósforo no solo acabando tendo uma maior disponibilidade, ocorre controle de erosão, diminuição na perda do solo, apresentam uma melhor cobertura no solo por serem plantas rasteiras e estarem diretamente em contato com o solo, reduz o transporte de sedimentos (CARVALHO, 2010; PEREIRA, 2008).

Apesar das plantas de cobertura terem várias vantagens, seu uso na região do Cerrado ainda é restrito, em consequência dos seguintes fatores: falta de conhecimento de suas características e compatibilidade com o sistema de produção; baixa divulgação da tecnologia; elevado custo de implantação, onde não ocorre o retorno imediato, fazendo com que ocorra o desinteresse dos produtores; germinação irregular de algumas espécies; ciclo de difícil compatibilidade com a cultura; dificuldade com a colheita; preço elevado das sementes; falta de disponibilidade rotineiro das sementes e algumas com má qualidade (CARVALHO, 2010).

3.3. Principais plantas de cobertura

Existem diversos tipos de plantas de cobertura que podem ser usadas de acordo com o período do ano em que são semeadas e com o objetivo que o

produtor deseja atingir ao utilizar a cultivar (WILDNER, 2014). Neste tópico, será relatada a descrição das plantas de cobertura mais utilizadas e que foram avaliadas neste trabalho.

3.3.1. Leguminosas

As leguminosas são as espécies de plantas mais utilizadas na adubação verde, pois além de conseguirem adicionar C ao solo (CHOUDHURY et al., 1991), elas também são capazes de fixar N₂, pois muitas delas são simbiotes de bactérias fixadoras de nitrogênio (PEREIRA, 2008).

Na agricultura moderna, já é considerado uma prática de manejo realizar a rotação de culturas entre uma planta não leguminosa (milho) com outra planta leguminosa (mucuna-preta, crotalária), pois quando ocorre a colheita das leguminosas, suas raízes que são ricas em nitrogênio permanecem no solo, o enriquecendo e favorecendo a cultura comercial (PEREIRA, 2008).

Mesmo a parte aérea das plantas apresentando uma quantidade significativa de N, o maior aproveitamento pela cultura em sucessão será obtido nas raízes das plantas, que vão depender da decomposição da fitomassa e a demanda da cultura econômica. Com isso é de grande relevância ter uma estimativa da quantidade de N que cada planta de cobertura irá liberar no solo, para saber quanto de N deverá ser disponibilizado por vias complementares como o fertilizante mineral (AMADO, 2000).

Crotalária – *Crotalaria juncea*

Tem sua origem na Índia Tropical, sendo considerada uma leguminosa anual, com crescimento arbustivo de até 2 metros de altura. Apresenta um caule semilenhoso, com ramificações na parte superior, raiz pivotante e diversas raízes laterais. Suas flores possuem coloração amarelada, e seu florescimento ocorre nos períodos de março a abril e a maturação das sementes nos meses de maio e junho. Apresenta um crescimento rápido e vigoroso, com uma quantidade elevada de massa verde e fixação de nitrogênio, sendo adequada para o controle de nematoides que formam galhas e cistos. Por ter uma baixa exigência de água e apresentar uma boa fixação de N e uma boa recicladora de nutrientes, acaba

sendo bastante usada como planta de cobertura na região do Cerrado (PEREIRA, 2008).

Mucuna-preta – *Mucuna aterrima*

É originária do sudeste da Ásia, apresenta um hábito rasteiro e trepador, apresentando um ciclo anual maior que 150 dias. Possui uma raiz pivotante onde serão desenvolvidas raízes secundárias na sua superfície, fazendo com que elas consigam realizar uma melhor absorção dos nutrientes do solo e o protegendo de efeitos erosivos. É considerada uma planta com pouca exigência de fertilidade do solo. com características rústicas e facilmente cultivada, tendo um elevado rendimento de biomassa e uma ótima qualidade de matéria orgânica, proporcionando assim uma boa cobertura do solo em seus estágios vivo e morto, pois apresenta uma elevada quantidade de fitomassa (PEREIRA, 2008).

3.3.2. Gramíneas

As gramíneas apresentam raízes fasciculadas, onde a raiz primária não é desenvolvida e as secundárias são numerosas e bem ramificadas, podendo alcançar até 1 metro de profundidade. Algumas espécies apresentam raízes adventícias que servem como sustentação da planta. Possuem rizomas que são localizados abaixo da superfície do solo, sendo diferente das raízes por apresentarem nós e folhas não desenvolvidas (PEREIRA, 2008), tendo como característica relevante a produção de fitomassa (EMBRAPA, 2018).

Brachiária peluda – *Bracharia ruzizensis*

Tem sua origem no Congo, e é uma planta perene com seu crescimento em touceiras, podendo atingir até 1 metro de altura. Apresenta folhas e caules bastantes tenros, cheio de pelos, e possui um crescimento acelerado na época das chuvas, mas necessitando da presença de fósforo durante o desenvolvimento inicial da planta. Em condições ideais de boa drenagem e clima tropical, acabam favorecendo a germinação das sementes que não precisam apresentar uma adequada incorporação ao solo pois ocorre a germinação na superfície. Possuem uma elevada quantidade de raízes, ocupando e agregando partículas no solo, realizando também a aeração e retenção de umidade do solo,

mas possuem uma lenta decomposição no solo sendo assim indicadas como cobertura morta (PEREIRA, 2008).

Trigo - *Triticum aestivum* L.

Tem sua origem na Ásia, apresenta três sistemas de raízes (raízes seminais; raízes permanentes (corona); raízes adventícias), a planta apresenta de 5 a 6 folhas, que corresponde ao número de nós, apresenta um colmo oco, cilíndrico e com quatro a sete entrenós (SCHEEREN et al., 2015).

3.3.3. Crucíferas

Atualmente as crucíferas são denominadas de brassicas, com plantas dicotiledôneas, angiosperma, podendo apresentar culturas anuais, bienais ou perenes, suas folhas tem um formato de cruz contendo 4 sépalas e 4 pétalas, por isso são denominadas de crucíferas, suas flores costumam ter uma coloração branca, amarelada. São bastante usadas por apresentar intensivas técnicas agrícolas, sendo bem adaptadas a climas temperados e subtropicais de acordo com a espécie (ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA, 2018; THE ENCYCLOPEDIA OF EARTH, 2018).

Nabo forrageiro – *Raphanus sativus*

Sua origem é do Sul da Europa, é classificada como uma crucífera anual de inverno, herbácea, com um porte ereto, rustica, muito ramificada podendo ter seu desenvolvimento em solos pobres. Apresenta uma raiz pivotante que pode atingir de 1 a 1,80 m de estatura. Tem função de descompactar, oxigenar e realizar a ciclagem dos nutrientes principalmente de nitrogênio e fósforo, a tornando assim uma planta de excelência cobertura onde se emprega a rotação de culturas não sendo necessário a realização de muitos tratamentos culturais. Durante as épocas frias do ano, ela consegue apresentar uma elevada produção de massa verde (PEREIRA, 2008).

3.4 Micorrizas arbusculares e seus benefícios para o crescimento vegetal

Os fungos que formam as micorrizas arbusculares são classificados como *Glomeromycota*, possuindo a capacidade de colonizar as células do córtex, inter e intracelular (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os fungos micorrizicos arbusculares ao longo do seu processo evolutivo, perderam a capacidade de serem saprófitos, passando a ser classificados como biotróficos obrigatórios, e só completam seu ciclo na presença de um hospedeiro vivo, onde eles se associam as raízes das plantas para conseguir absorver açúcares reduzidos, por não conseguirem realizar a fotossíntese (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A interação entre raízes e fungos do solo é considerada uma simbiose para a formação das micorrizica arbusculares, que estão presentes em cerca de 80% das plantas vasculares (SOUZA et al., 2006; HOFFMANN & LUCENA, 2006). A simbiose se estabelece nos diversos ecossistemas quando se tem a presença no solo de propágulos infectivos dos fungos micorrizicos arbusculares, que podem ser esporos, micélios ou raízes de plantas colonizadas.

Os glomerosporos (esporos) ficam em estado de quiescência até que se encontre condições favoráveis para que ocorra a germinação (MAIA et al., 2008). Quando ocorre a interação entre planta e fungo, é gerado uma ramificação de hifas no espaço entre a parede celular e a membrana plasmática, formando os arbusculos, que será a estrutura que irá realizar a troca de nutrientes entre os simbiontes (SOUZA et al., 2008).

O micélio pode crescer tanto de forma intracelular, mas também apresenta um desenvolvimento externo que se desenvolve no solo, se expandindo em microambientes onde as raízes que não foram colonizadas pelas micorrizas arbusculares chegam. As hifas estrarradicular absorvem os nutrientes do solo e os transportam para o micélio intrarradicular que posteriormente o transfere para a planta hospedeira (LAMBAS & RAMOS, 2008).

As micorrizas são reconhecidas pelos benefícios nutricionais e não-nutricionais para as plantas, variando em função do grau de colonização radicular. Quando se tem estabelecido a relação entre fungo e planta, os macro e micronutrientes que foram retirados do solo pelas hifas, são transportados para as plantas, favorecendo o status nutricional das plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

3.5 Benefícios nutricionais e não nutricionais

As micorrizas tem uma relação direta com a nutrição mineral das plantas, o que faz com que seu crescimento e desenvolvimento seja favorecido, pois as raízes colonizadas expandem suas hifas no solo, aumentando a área de solo que é explorada pela planta colonizada, o que faz com que a água e os nutrientes sejam absorvidos em maior quantidade, quando comparado a plantas não-colonizadas (FERREIRA & STEFFEN, 2015).

As plantas micorrízicas apresentam aumento nos teores elevados de certos nutrientes, principalmente dos que não são facilmente percolados, como o fósforo (P), o zinco (Zn), o cobre (Cu) e o Cálcio (Ca), na maioria dos solos tropicais (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Tabela 1: Principais efeitos promotores das MAs no crescimento vegetal

Efeitos nutricionais	Efeitos não nutricionais
Aumento na absorção de nutrientes	Favorecimento na relação água-planta
Utilização de algumas formas não disponíveis no solo	Produção e acúmulo de substâncias de crescimento
Armazenamento temporário de nutrientes	Redução dos danos causados por patógenos
Favorecimento de microrganismos benéficos como fixadores de N ₂ e solubilizadores de fosfato	Maior tolerância a estresses ambientais e fatores fitotóxicos (ex: herbicidas e poluentes orgânicos e metais)
Amenização dos efeitos adversos do pH e excesso de metais na absorção de nutrientes	Melhoria na agregação do solo e maior acúmulo de substâncias bioativas

FONTE: Moreira & Siqueira, 2006

O principal nutriente que regula o funcionamento e os benefícios da simbiose micorrízica é o fósforo (P). A influência da disponibilidade de P no solo sobre a simbiose depende da espécie vegetal, bem como da espécie de fungo micorrízico arbuscular. Entretanto, de uma forma geral, quando se tem até certos níveis de P, a colonização promove benefícios às plantas, mesmo sendo muito

sensível a esse nutriente. À medida que o teor de P no solo aumenta, a colonização micorrízica sofre uma inibição que acarretará em uma diminuição progressiva na sua taxa de colonização. Porém, mesmo com uma taxa de P elevado no solo, as micorrizas ainda são capazes de absorver uma parte significativa do nutriente e favorecer o crescimento de algumas espécies de plantas, denominadas de micotróficas, duplicando as quantidades de P na parte aéreas das plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Nas áreas agrícolas, as micorrizas arbusculares contribuem para o crescimento e a produção de várias culturas, como soja (NOGUEIRA & CARDOSO, 2000), milho (LINO, 2014), feijão (DE MIRANDA et al., 2001), batata-doce (ESPINDOLA et al., 1998), dentre outras. Os benefícios promovidos pela simbiose podem ser ampliados com o manejo das áreas de produção, como a adoção do sistema plantio direto (ROBLES ANGELINI et al., 2012; BALOTA et al., 1998; DE MIRANDA & DE MIRANDA, 2007), principalmente com a rotação de culturas, selecionando espécies vegetais reconhecidamente micorrízicas, aliado ao uso racional de fertilizantes, especialmente das fontes de fósforo.

Com relação aos benefícios não nutricionais, podem ser classificados como bióticos, minimizando os danos causados por nematoides, fungos patógenos ao sistema radicular de algumas plantas e, abióticos, reduzindo o efeito tóxico da presença no ambiente de metais pesados, acidez elevada, produtos químicos fitotóxicos e também contribuindo com a manutenção da matéria orgânica, com a agregação de partículas e estruturação do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os fungos micorrízicos arbusculares têm estreita relação com a manutenção da matéria orgânica do solo. Em simbiose com as plantas, os fungos produzem uma rede de hifas, envolvendo as partículas e contribuindo para agregação e estruturação do solo (CARDOSO ET AL., 2010). Adicionalmente, são reconhecidos por produzir uma glicoproteína denominada de glomalina, resultante da decomposição de esporos e hifas, sendo também excretada pelas hifas externas dos fungos micorrízicos, com efeito benéfico na estabilidade de agregados (SOUZA et al., 2012 arquivo 8441). Dessa forma, suas hifas e a produção de glomalina contribuem tanto pelo fornecendo

compostos orgânicos ao solo, como pelo acúmulo e estoque de matéria orgânica, em agregados estabilizados no solo.

3.6 Matéria orgânica e frações de carbono no solo

A matéria orgânica do solo tem sua origem nos restos vegetais, excreção animal que passam pelo processo da mineralização para que os compostos possam ser transformados em húmus. Em solos com condições ambientais favoráveis para a atividade microbiana, a matéria orgânica é metabolizada pela comunidade microbiana do solo, tendo como principais produtos o gás carbônico, nutrientes para as plantas e a formação de húmus, considerada a forma estabilizada de matéria orgânica do solo (LEPSCH, 2016).

O húmus está presente principalmente no horizonte A do solo, tendo assim uma grande importância para a atividade do solo, por contribuir no reservatório de nutrientes do solo, favorecer a agregação das partículas do solo e, conseqüentemente, melhorar a capacidade de retenção de água, tornando o ambiente edáfico favorável a atividade microbiana e ao crescimento das plantas (LEPSCH, 2016).

Quanto às características químicas, físicas e biológicas relacionadas do solo, a matéria orgânica possui uma relevância significativa na avaliação da qualidade do solo, apresentando uma influência nas características do solo e uma fragilidade com as práticas excessivas de manejo (DORAN & PARKIN, 1994), principalmente quando se faz uso do revolvimento do solo, pois é considerada uma prática que provoca a elevada perda de matéria orgânica pela erosão hídrica e decomposição microbiana (REICOSKY & LINDSTROM, 1993). Com isso, o uso do sistema de plantio direto é indicado para manter os teores de matéria orgânica, por ter como princípio não revolver o solo, aliado a permanência dos resíduos das culturas na superfície do solo, ações essas que tendem a desacelerar o processo de decomposição da matéria orgânica (BAYER & BERTOL, 1999).

Entre os resíduos que são decompostos no solo, os vegetais são os que apresentam a maior importância, pelo fato de serem sintetizados pela fotossíntese, sendo responsáveis por adicionar os compostos orgânicos primários ao solo, de acordo com a qualidade e quantidade dos resíduos que se

encontram sobre o solo, fazendo com que ocorra um aumento no teor de carbono orgânico no solo (FARIA et al., 2008).

A matéria orgânica do solo é considerada uma mistura complexa de resíduos animais e vegetais, em diferentes estágios de decomposição. Dessa forma, o estudo das diferentes frações, com variação no grau de decomposição, composição química ou mesmo de acordo com a solubilidade de seus compostos, têm sido uma estratégia utilizada ao longo de anos de estudos sobre a influência da matéria orgânica nos atributos do solo (Mendonça e Matos, 2005).

3.6.1 Carbono Orgânico Total (COT)

A matéria orgânica do solo apresenta cerca de 58% de carbono em relação a sua massa total, com isso, o carbono orgânico total (COT) tem sido usado para estimar a qualidade do solo (NELSON & SOMMERS, 1982). Os teores de COT variam em função da ordem do solo, bem como do seu. Nos solos do Cerrado, onde a classe dos Latossolos é dominante, os teores de COT variam de 40 a 15 g kg⁻¹ solo de acordo com a profundidade, nos solos bem drenados sobre vegetação nativa (BEZERRA et al., 2013). Já em áreas agrícolas, os teores variam em função do manejo que é praticado, sendo em áreas de pastagem a ocorrência de teores de 21, 72 a 15,76 g kg⁻¹ solo, levando em consideração o ciclo rápido da ciclagem do sistema radicular, por ocorrer uma renovação elevada das raízes, fazendo com que os teores na camada superficial aumentasse (SOUZA et al., 2012).

Quando se faz uso do sistema de consorciação com plantio direto, o carbono orgânico total apresenta um acúmulo nas camadas superiores do solo, em decorrência da decomposição dos resíduos vegetais em especial das plantas de cobertura que se encontram no solo. Este aumento é dado em decorrência do não revolvimento do solo, fazendo com que as raízes e os restos culturais fiquem presentes na camada superior, principalmente das espécies das gramíneas (CARMO et al., 2012)

Dessa forma, a adoção do sistema de plantio direto, favorece um aumento no acúmulo de carbono orgânico total (COT) no solo entre as camadas de 0-30 cm de profundidade, aumento o teor do COT em 15% no solo, mas mesmo tendo a presença do COT até os 30 cm de profundidade (Lima et al., 2016; BAYER et

al., 2002), a maior concentração de carbono é encontrado na camada superior do solo pela presença dos restos culturais, tendo uma diminuição de acordo com o aumento da profundidade do solo (CARMO et al., 2012).

Comportamento diverso pode ser observado quando se faz uso do sistema de plantio convencional, onde o COT costuma-se apresentar uma menor quantidade nas camadas superficial, maior em profundidade e uniforme no perfil do solo quando comparado ao sistema de plantio direto, uma explicação para essa diferença está no revolvimento do solo, pois quando o solo é revolvido, a matéria orgânica acaba sendo espalhada por toda sua camada, e isso faz com que os teores de carbono orgânico total em profundidade possa ser semelhante ao até mesmo maior do que o sistema de plantio direto.

A associação micorrízica, sendo uma relação ecológica de ocorrência natural nos ecossistemas terrestres, tem grande contribuição no aumento dos teores de carbono no solo, em especial em áreas manejadas com sistema de plantio direto em conjunto com plantas de cobertura. Essa contribuição se dá pelo efeito das micorrizas aumentarem a densidade das raízes no solo, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea das plantas, e conseqüentemente incrementando a quantidade de restos culturais deixados no solo.

Segundo Bayer et al (2004), os maiores teores de carbono, são encontrados nas camadas superficiais do solo, entorno de 39-53% entre as profundidades de 0-25cm com o uso do sistema de plantio direto, que faz com que os restos culturais fiquem na superfície do solo.

O Cerrado por apresentar um solo intemperizado e com baixa fertilidade, acaba sendo fundamental a presença da matéria orgânica, pelo fato dela contribuir no aumento da CTC do solo, o que favorece a disponibilidade dos nutrientes, mantendo as partículas agregadas do solo pela região apresentar um solo intemperizado e com baixa fertilidade (SILVA & RESCK, 1997).

3.6.2 Carbono Orgânico Particulado (COP)

De acordo com o fracionamento granulométrico, a matéria orgânica do solo pode ser estudada a partir da separação de duas frações, que correspondem ao carbono associado aos minerais (COam) e ao carbono orgânico particulado

(COP), que é obtido após a dispersão e peneiramento do solo que está associado aos minerais (> 53 µm) (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992). O COP é derivado de plantas e hifas fúngicas que promovem a ação de proteção física do solo, cuja presença favorece sua formação (GOLCHIN et al., 1994). A matéria orgânica particulada tem como principal função, ser fonte de nutriente e energia aos organismos do solo, participando também da formação e estabilização dos agregados (BALDOCK & SKJEMSTAD, 2000; SIX et al., 2002).

A matéria orgânica do solo tem uma relação direta relacionada com a quantidade e qualidade dos resíduos que são deixados sobre o solo, do manejo que é empregado, da forma com que as plantas e as raízes estabelecem suas relações, e do tempo com que as culturas comerciais estão sobre o solo, pois elas acabam tendo uma grande interferência no teor de matéria orgânica particulada (SANTOS, et al., 2011).

A entrada e concentração da matéria orgânica particulada é encontrada abaixo da superfície do solo, recebendo uma influência direta das raízes e das palhadas (DUXBURY et al., 1989). Segundo Pereira et al (2014), o carbono orgânico particulado apresenta teores menores em profundidades de até 10 cm, mas apresenta uma taxa de elevação de acordo com a profundidade, este fato está relacionado com a presença de plantas e raízes de plantas de cobertura que são usadas como cobertura vegetal no solo, e que se encontram nas camadas mais profundas do solo.

O carbono orgânico particulado apresenta um acúmulo maior de carbono em sistemas onde tem a presença da biomassa vegetal no solo, sendo bem sensíveis às mudanças resultantes da adoção de sistemas de manejos que sejam prejudiciais ao solo, do que o carbono orgânico total (ROSSI, 2012; BAYER et al., 2004).

3.6.3 Carbono Lábil (CL)

O carbono lábil é formado partir da decomposição dos resíduos das plantas, de substâncias não-húmicas que não estão ligadas aos minerais, microrganismos e a biomassa microbiana (BARROS, 2011). Constituído por compostos orgânicos que apresentam uma maior facilidade em serem mineralizados pelos organismos do solo, essa fração representa um reservatório

de nutrientes facilmente mineralizáveis e fonte energética disponível para a biomassa microbiana (DIEKOW, 2003).

A manutenção de proporções equilibradas entre as frações de Carbono da MOS é um indicativo da adoção de sistema de manejo que promovem o funcionamento do solo (Loss et al., 2009). Dessa forma, espera-se observar em sistemas de manejo conservacionistas, como plantio direto e sistemas de integração lavoura-pecuária, uma distribuição equilibrada entre as frações lábeis e não-lábeis de Carbono da MOS.

Em concordância com esse raciocínio, Wendling et al. (2008) verificaram um aumento na fração de C lábil, com a implantação de um sistema agrossilvipastoril na região do Cerrado, equiparando-se com as áreas preservadas. Segundo os autores, em 10 anos de adoção do sistema, o aumento do C lábil esteve diretamente associado ao não revolvimento do solo, em conjunto com o aporte de resíduos do cultivo de braquiária.

O efeito de sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e adubação fosfatada sobre as frações lábeis e humificadas da matéria orgânica, em Latossolo cultivado com milho-soja em sucessão por 10 anos, foi avaliado por Bayer et al. (2004). Neste trabalho foi observado uma maior concentração de carbono lábil nos tratamentos com sistema plantio direto com mucuna-preta e milheto, principalmente na camada de 0-5 cm, em comparação com a área de preparo convencional. Essa concentração do C lábil na profundidade de até 10 cm também foi observada em outros trabalhos (Silva et al., 2011) e relacionam este fato com a deposição e acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, associada a uma lenta decomposição desses resíduos, em sistema plantio direto.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição do experimento

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF, com as coordenadas de 15°39'84" (latitude Sul) e 47°44'41" (longitude Oeste) e altitude de aproximadamente 1014 m. De acordo com a classificação de Köppen (BRASIL, 1972). A região apresenta um clima tropical estacional (Aw) por ser localizada no bioma Cerrado e apresenta suas estações de seca e chuva bem definidas.

O delineamento experimental é de blocos casualizados com 3 repetições. O experimento é conduzido anualmente, com o plantio de plantas de cobertura e vegetação espontânea (testemunha) no período da safrinha (abril) e o plantio do milho em sucessão na safra de verão. A vegetação espontânea é composta por plantas que apresentam seu desenvolvimento natural na área (CARVALHO et al., 2015).

Os tratamentos são baseados nas diferentes plantas de cobertura (tabela 2) e o milho é cultivado em sucessão. A coleta das amostras de solo e de raízes ocorreram em dois períodos distintos. Em julho de 2017, foi realizada a primeira coleta de solo e de raízes das plantas de cobertura, que foram semeadas na segunda quinzena de abril de 2017. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm de solo com a auxílio de um trado holandês, com seis subamostras dentro de cada parcela, para compor uma amostra composta, de aproximadamente 5 kg de solo. Em seguida foi retirada com a ajuda de pás de jardim, cerca de 50g de raízes em 3 pontos diferentes de cada parcela e guardadas em sacolas plásticas. As amostras foram armazenadas em caixa térmica até o transporte para o Laboratório de Microbiologia do Solo, da FAV/UnB.

Tabela 2: Espécies de plantas que foram usadas em sucessão com o milho

Tratamentos	ESPÉCIES	NOME COMUM
1	<i>Mucuna aterrima</i>	Mucuna-preta
2	<i>Raphanus sativus L.</i>	Nabo forrageiro
3	<i>Triticum aestivum L.</i>	Trigo
4	<i>Crotalaria juncea L</i>	Crotalária juncea
5	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Braquiária peluda
6	-	Vegetação espontânea

Na primeira quinzena de novembro-2017, as áreas cultivadas com as plantas de cobertura foram semeadas com milho (*Zea mays*) (híbrido de milho 30F35VYHR).

A segunda coleta das amostras de solo e raízes de milho ocorreu em janeiro de 2018, na floração da cultura. O solo e as raízes do milho foram coletados quase da mesma forma que se deu nas coletas das plantas de cobertura, sendo que no milho tanto os solos como as raízes foram coletas entre a 4^o,5^o e 6^o linha e as plantas de cobertura foram coletadas aleatoriamente.

Ao final das coletas, as raízes e os solos foram levados para o Laboratório de Microbiologia do Solo – FAV/UnB, onde uma pequena parte do solo foi colocada na geladeira para manter sua umidade e a outra parte destinada a bancada para que fossem secas por 48 horas em temperatura ambiente, tornando-se assim terra fina seca ao ar (TFSA). Foram analisadas as análises de: densidade de esporos, fertilidade do solo e frações de carbono.

As raízes foram lavadas até a remoção total do solo, em seguida foi realizada uma seleção das raízes jovens, que foram cortadas em pedaços de aproximadamente 1 cm de comprimento e guardadas em potes de vidro de 500 ml e conservadas em álcool 70% para a determinação da taxa de colonização micorrízica.

4.2 Análises

4.2.1 Fertilidade do solo

Seguindo o Manual de Fertilidade do Solo (EMBRAPA, 1997), mas com algumas adaptações somente para a matéria orgânica, os solos secos anteriormente passaram pela peneira de 2 mm para as análises de: acidez ativa; acidez potencial; alumínio trocável; cálcio e magnésio trocáveis; fosforo disponível e potássio trocável. Os solos que passaram pela peneira de 0,5 mm foram usados para a análise de matéria orgânica, e todos destinados posteriormente para o Laboratório de Química do Solo - FAV/UnB, onde foram realizadas as seguintes análises:

4.2.1.1 Acidez ativa (pH)

Amostras de 10 cm³ foram transferidas para um tubo Falcon de 50 mL, recebendo 25 ml de água destilada e agitadas por 15 segundos, e colocadas em repouso por 60 minutos, e determinado o pH do solo com o uso de um pHmetro de bancada.

4.2.1.2 Acidez potencial (H+Al³⁺)

Amostras de 5 cm³ de solo, foram transferidas para erlenmeyers de 250 mL e foram adicionados 75 mL da solução extratora (acetato de cálcio), agitadas por 15 minutos e deixadas em repouso por uma noite. No dia seguinte, foram pipetados 25 mL do sobrenadante de cada amostra e adicionados 3 gotas do indicador (Fenolftaleína 1%), seguido de titulação com NaOH 0,025 mol/L até o ponto da viragem róseo incolor. Os resultados são expressos em cmol_c dm⁻³.

4.2.1.3 Alumínio (Al³⁺)

Amostras de 10 cm³ de solo foram transferidos para erlenmeyers de 250 mL e adicionado 100 mL da solução extratora (cloreto de potássio); estas foram mantidas por 15 minutos sob agitação e posteriormente em repouso por uma noite. No dia seguinte, foram pipetados 25 mL do sobrenadante de cada amostra e adicionados 3 gotas do indicador (Azul de bromotimol 0,1%), seguido pela titulação com NaOH 0,025 mol/L, até a viragem de amarelo para azul. Os resultados são expressos em cmol_c dm⁻³.

4.2.1.4 Cálcio e Magnésio

Foram extraído 25 mL da mesma solução usada para a determinação de Al^{3+} e adicionado 4 mL do coquetel pH 10,0 e seguido de 1,0 mL do ácido ascórbico (3%) e 3 gotas do indicador negro de ericromo T (0.2%) em todas as amostras foi feito a titulação com 0,0125mol/L até a viragem de vermelho para azul. (KCL 1mol/L). Os resultados são expressos em $cmol_c dm^{-3}$.

4.2.1.5 Potássio e fósforo

Amostras 5 cm^3 de solo foram transferidos para elernmeyers de 125 mL com adição de 50 mL da solução de (Mehlich I) deixando sob agitação por 15 minutos e posteriormente mantidas em repouso por uma noite. No dia seguinte foram pipetado 25 mL da solução e transferida para béquers e dos mesmos foram pipetado 5 mL e colocados em outros béquers.

As soluções pipetadas com 25 ml foram utilizadas para a realização da análise de potássio (K). Foi utilizado o fotômetro de chama para a obtenção das leituras. Já as soluções pipetadas com 5 mL foram utilizadas para as análises de fósforo (P), onde foi adicionado 10 mL da solução do reagente diluída (300 ml da solução reagente concentrada e transferir para um balão volumétrico de 1000 ml) e 1 mL de ácido ascórbico nas amostras e agitadas após a adição de cada reagente, em seguida as amostras ficaram em repouso por 60 minutos, e posteriormente foi realizada a leitura em 660 nm. Após o repouso, foi retirado uma quantidade de cada solução para ser realizada a leitura dos pontos da curva e das amostras. O resultado é expresso em $mg dm^{-3}$.

4.2.1.6 Determinação de Matéria Orgânica

Foi pesado 0,5g do solo e transferidos para os erlenmeyers de 500 mL com a adição de dicromato de potássio, em seguida realizado a agitação das amostras. Logo após adicionar 10 mL de ácido sulfúrico, as amostras foram agitadas e deixas 30 minutos em repouso. Em seguida, foram adicionados 200 mL de água destilada, 20 mL de ácido fosfórico e 1 mL do indicador (Difenilamina 0,16%) em cada amostra e titulada com sulfato ferroso, até a viragem para a coloração verde. Os resultados são expressos em $dag Kg^{-3}$.

4.2.2 Colonização radicular por fungos Micorrízicos Arbusculares

Para avaliação da colonização micorrízica, foi utilizado o protocolo disponível no guia prático de biologia do solo (Paula, 2016), seguindo a metodologia proposta por Brundrett et al. (1996) para clarificação e coloração de raízes. As raízes são lavadas como descrito anteriormente. Após serem selecionadas e conservadas em álcool 70%, há o clareamento das raízes com uma solução de KOH 10%, em banho maria com uma temperatura de aproximadamente 80°C por 20 minutos.

Após o clareamento, lavam-se as raízes com água corrente e posteriormente é feito a sua coloração com uma solução de azul de tripan 0,05% e levadas em banho maria por 15 minutos. Ao final do processo, as raízes foram conservadas em glicerol 50%, retirando-se o excesso do corante, e preservando as mesmas até a avaliação da colonização micorrízica.

A determinação da colonização micorrízica é feita segundo o método proposto por Giovannetti e Mosse (1980), onde se é usado um microscópio (40X), e uma placa de Petri com um papel tracejado de 1 cm embaixo da placa e feita a contagem como mostra a figura 2. Foram avaliadas somente aqueles pontos onde as raízes se encontravam sob as linhas. Foram utilizados 100 pedaços de raízes e avaliadas na colonização micorrízica e posteriormente foi calculado a porcentagem (%) de colonização

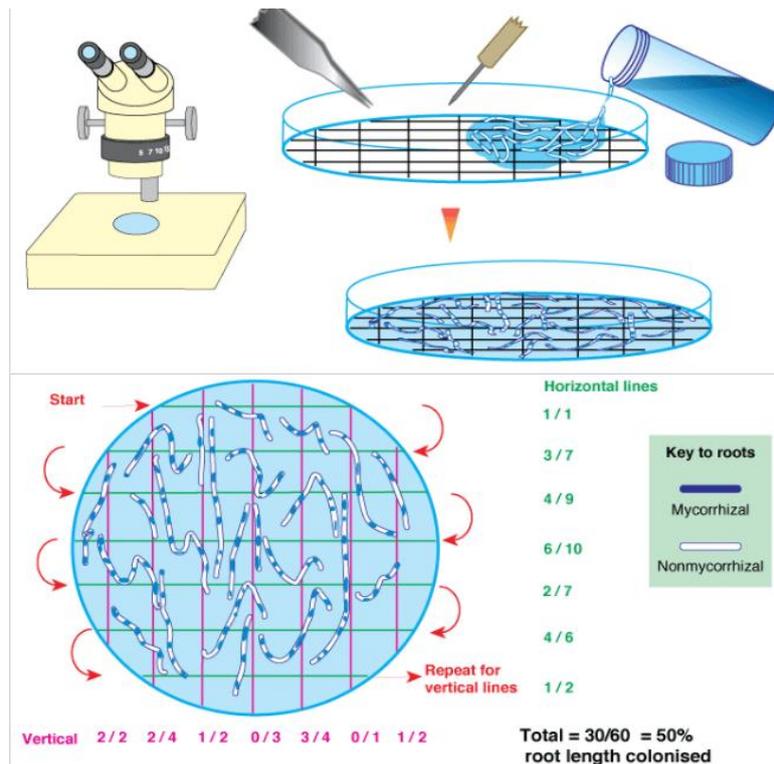


Figura 2: Esquema do método da taxa de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares

Fonte: Mycorrhizas.info, 2018

4.2.3 Frações de Carbono

4.2.3.1 Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) foi determinado segundo o método de Walkley-Balck (1934), onde a oxidação do dicromato de potássio e a titulação do dicromato remanescente com sulfato ferroso amoniacal é o princípio do método.

Para a análise das amostras de carbono orgânico total, foi realizada a pesagem de 0,5 g de solo que passaram pela peneira de 0,5 mm e foram transferidos para os erlenmeyers de 500 mL com a adição de 10 mL de dicromato de potássio, e em seguida adicionado 10 mL de ácido sulfúrico, e as amostras foram agitadas e mantidas por 30 minutos em repouso. Em seguida, foram adicionados 200 mL de água destilada, 20 mL de ácido fosfórico e 1 mL do indicador (Difenilamina 0,16%) em cada amostras e tituladas com sulfato ferroso, até a viragem para a coloração verde. As análises foram feitas em duplicadas, e os resultados são expressos em dag kg^{-3} .

4.2.3.2 Carbono Orgânico Particulado

Foram retirados 50 gramas do solo seco anteriormente (TFSA) que passou pela peneira de 2 mm, e colocado em um frasco de 500 ml, com adição 175 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}). A solução foi agitada por 15 horas a 130 rpm, onde a suspensão foi vertida em peneira de 53 μm e lavada por 5 a 15 minutos.

O material que foi retirado da peneira foi colocado em frasco de metal e seco em estufa a 45°C , onde ficou por 3 dias. O material foi retirado da estufa, ele foi macerado em cadinho de porcelana até ficar um produto fino e homogêneo.

Foram pesados 0,2 g de solo que passaram pela peneira de 0,5 mm e foram transferidos para os erlenmeyers de 500 mL com a adição de 10 mL de dicromato de potássio, e em seguida adicionado 10 mL de ácido sulfúrico, e as amostras foram agitadas e mantidas por 30 minutos em repouso. Em seguida, foram adicionados 200 mL de água destilada, 20 mL de ácido fosfórico e 1 mL do indicador (Difenilamina 0,16%) em cada amostras e tituladas com sulfato ferroso, até a viragem para a coloração verde. As análises foram feitas em duplicadas, e os resultados são expressos em dag kg^{-3} .

4.2.3.3 Carbono Lábil

Para a determinação do carbono lábil do solo, seguiu-se o procedimento de Blair et al. (1995) com uma adaptação pelo Shang & Tiessen (1997). Onde foi pesado e passado em peneira de 0,5 mm e pesado posteriormente 1 g de solo, logo em seguida foram pipetados 25 ml da solução de permanganato de potássio com concentração de 0,033 mol/L, dentro dos tubos Falcon onde se encontravam os solos devidamente pesados. Após a adição da solução de permanganato, os tubos foram levados para a mesa agitadora e deixados por uma hora, ao final do tempo, os tubos foram transferidos para a centrífuga, onde foram centrifugados por 5 min a 7000 rpm.

Enquanto os tubos estavam sendo agitados na mesa, foi realizado a leitura da curva padrão, onde foi pipetado 4,5 ml da solução de permanganato de potássio em um balão volumétrico de 250 ml envolto por papel alumínio para que não houvesse o contato do permanganato com a luz, e completado o volume

com água destilada. O material foi agitado até a completa homogeneização. Ao final desse processo, foram retirados 6 ml, 7 ml, 8 ml, 9 ml, 10 ml e 11 ml da solução homogeneizada e transferidos para balões volumétricos de 50 ml envoltos também por papel alumínio e completando o volume de cada balão com água destilada. Ao final do processo, foi realizada a leitura da curva padrão em um espectrofotômetro com absorvância de 546 nm.

Foram retirados 1 ml da solução do sobrenadante de cada amostra e colocadas em balões volumétricos de 250 ml envoltos por papel alumínio e completando com água destilada e agitando até a solução ficar homogênea. Após a agitação dos balões, as soluções que sofreram a diluição foram levadas ao espectrofotômetro para a realização da leitura que foi dada em absorvância de 546 nm. Todo o processo foi realizado no laboratório de Microbiologia do Solo, que se encontrava com as luzes apagadas para que não houvesse interação do permanganato de potássio com a luz.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fertilidade do solo

A caracterização química do solo, na profundidade de 0-10 cm (Tabela 3), mostrou que as áreas avaliadas na floração do milho apresentavam um solo com condições de acidez, onde os valores de pH tiveram uma variação entre 5,41 a 5,59. Não houve efeito significativo entre as plantas de cobertura cultivadas anteriormente ao milho.

Embora a adubação aplicada no milho em sucessão as plantas de cobertura nos tratamentos avaliados sejam semelhantes, observou-se efeito significativo nos teores de P, saturação por Al e na CTC. Essa variação pode estar relacionada com a capacidade diferenciada das plantas de cobertura em extrair os nutrientes do solo, bem como o seu efeito rizosférico na ciclagem dos nutrientes (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). O teor de fósforo no tratamento com Nabo Forrageiro ($58,67 \text{ mg dm}^{-3}$) foi quase o dobro do que foi observado nos demais tratamentos (média de 24 mg dm^{-3}). Uma possível justificativa para esse resultado pode estar relacionada com a planta de cobertura cultivada anteriormente ao milho, já que o nabo é uma espécie que não faz simbiose com os fungos micorrízicos, que são fungos que utilizam o fósforo como principal fonte de nutriente na regulação simbiótica da micorriza (RAMOS & MARTINS, 2008), com isso, as raízes do nabo acabam absorvendo uma quantidade menor de fósforo por não se associarem aos fungos micorrízicos arbusculares, pois o P é um nutriente pouco móvel no solo.

Os valores de saturação por Al no solo, tiveram variações significativas (Tukey, $p \leq 0,5$), foram menores teores nas parcelas com vegetação espontânea e sob cultivo do Nabo Forrageiro (cerca de 8%), que diferiram significativamente dos demais tratamentos (média de 17%). Constituinte natural dos solos intemperizados como os Latossolos, o Al trocável pode ocasionar toxidez para as plantas quando presente em concentrações elevadas e quando sua saturação na CTC se encontra acima de 20% (CORREIA & SPERA, 2004). A CTC do solo também foi influenciada significativamente pelas diferentes plantas de cobertura, sendo os maiores valores observados nas parcelas com Trigo ($20,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e os menores nas parcelas sob vegetação espontânea ($15,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Tabela 3: Dados da análise química do solo do plantio direto (PD) do milho após sucessão com as plantas de cobertura, que se encontravam em Latossolo Vermelho na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF.

Tratamento	pH	P	K	H + Al	Ca + Mg	SB	CTC	V	m
Nome	Água	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			cmolc dm ⁻³	%	
MP	5,41 a	17,33 b	112,5 a	17,1abc	0,27 a	0,56 a	17,64 abc	31,5 a	19,39 a
CJ	5,51 a	27,75 b	120,67 a	17,22abc	0,3 a	0,61 a	17,83 abc	34,6 a	16,11 a
T	5,46 a	27,42 b	86,83 a	19,88 a	0,29 a	0,51 a	20,39 a	24,8 a	16,54 a
BR	5,41 a	19,71 b	126,51 a	17,78 ab	0,27 a	0,59 a	18,37 ab	32,2 a	18,53 a
VE	5,59 a	27,75 b	96,16 a	17,7 c	0,3 a	0,55 a	15,25 c	36 a	8,46 b
NF	5,45 a	58,67 a	117,17 a	16,66 bc	0,3 a	0,6 a	17,26 bc	34,7 a	7,75 b
CV (%)	3,80	24,6	16,21	6,25	20,35	11,13	6,04	13,76	17,89
Média	5,47	29,84	109,97	17,22	0,29	0,57	17,79	32,3	14,47

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,5$. CV (%) – Coeficiência de variância; MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR – Brachiária; VE – Vegetação espontânea; NF – Nabo forrageiro.

5.2. Colonização micorrízica

Foi avaliado a colonização de fungos micorrízicos arbusculares nas plantas de cobertura e no milho. As maiores taxas de colonização micorrízica foram observadas na mucuna-preta (68%), vegetação espontânea (61%), trigo (60%), brachiária (56%), Crotalária (33%) e com a menor taxa de colonização, o Nabo Forrageiro (11%) (figura 3).

A mucuna-preta foi a espécie que apresentou a maior taxa de colonização entre as plantas de cobertura avaliadas (68%). Isso pode estar associado ao fato dela pertencer a família das leguminosas, que também estabelecem simbiose com as bactérias fixadoras de nitrogênio e por serem consideradas tipicamente micorrízicas (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). Entretanto, a Crotalária, uma espécie da família das leguminosas, apresentou uma taxa de colonização significativamente menor que a mucuna-preta (33%). Este resultado pode estar relacionado com uma maior disponibilidade de fósforo nas parcelas cultivadas com Crotalária (Tabela 3), ou mesmo com características intrínsecas da relação simbiótica entre a comunidade nativa de FMA e a planta-hospedeira, que regula a relação mutualística. Espindola et al. (1997), também relataram que a taxa de colonização micorrízica foi maior na mucuna-preta (27,8%) quando comparada a crotalária (24,1%).

O trigo e a braquiária, pertencentes a família Poaceae, são espécies reconhecidas na literatura como hospedeiras de FMA e, com colonização micorrízica variando de 40 a 60%, dentro da média do que foi observado nas parcelas avaliadas neste trabalho.

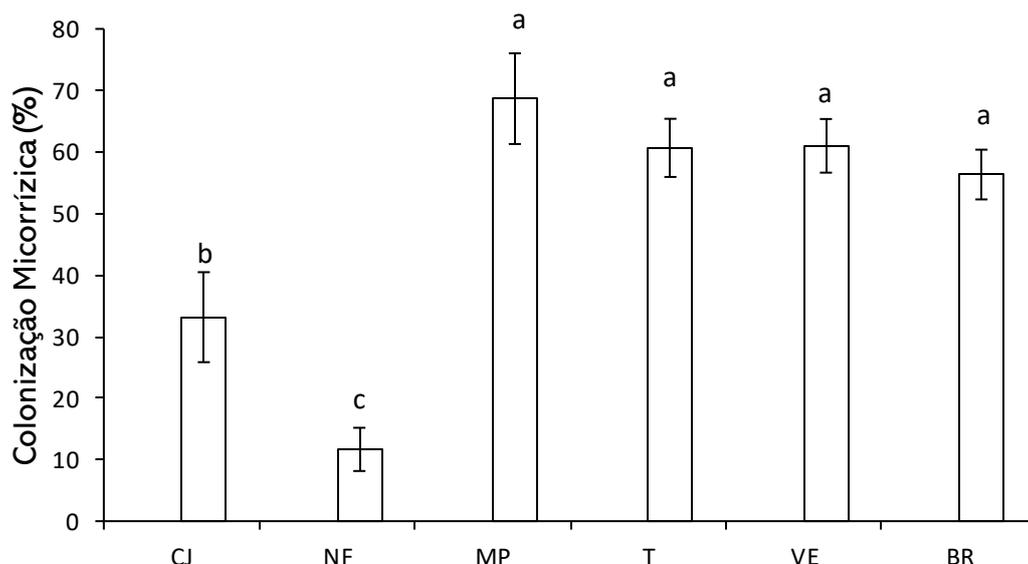


Figura 3: Taxa de colonização micorrizas nas plantas de cobertura, sobre plantio direto (PD) em Latossolo Vermelho, localizado na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. CJ – Crotalaria juncea; NF – Nabo forrageiro; MP – Mucuna-preta; T- Trigo; VE – Vegetação espontânea; BR – Brachiária (médias realizadas pelo teste de Tukey $p \leq 05$, com efeito significativo; CV = 7,71).

A baixa taxa de colonização micorrízica observada nas plantas de Nabo Forrageiro (média de 33%) já era um resultado esperado. O Nabo Forrageiro pertence à família das Brássicas, que reconhecidas como não-hospedeiras de fungos micorrízicos arbusculares, por serem desprovidas de algum fator essencial, necessário para a completa diferenciação das hifas fúngicas em apressórios funcionais (estruturas essenciais ao estabelecimento da simbiose micorrízica) (Moreira e Siqueira, 2006).

A influência das plantas de cobertura na taxa de colonização do milho cultivado em sucessão está apresentado na Figura 4. A colonização micorrízica do milho nas parcelas cultivadas previamente com Nabo Forrageiro foi significativamente menor (33%) do que a colonização observada nos demais tratamentos. Essa redução está relacionada com um possível efeito residual do Nabo Forrageiro, que também apresentou uma baixa colonização micorrízica. Os restos culturais do Nabo Forrageiro possivelmente promoveram um efeito alelopático na comunidade de FMA, reduzindo a presença de propágulos infectivos, com reflexo na colonização do milho em sucessão. Gomide et al. (2010), encontraram uma taxa de colonização no nabo forrageiro de 34%, e esta

foi uma das espécies de plantas de cobertura que menor apresentou colonização micorrízica.

A maior taxa de colonização observada nas gramíneas (60%), em comparação a Crotalária (33%) e o Nabo Forrageiro (11%), (figura 3) pode estar relacionado com a maior eficiência fotossintética das gramíneas, realocando o carbono assimilado para os fungos e, com isso, mantendo elevados níveis de colonização, para garantir retorno com a maior absorção de P (Cordeiro et al., 2005).

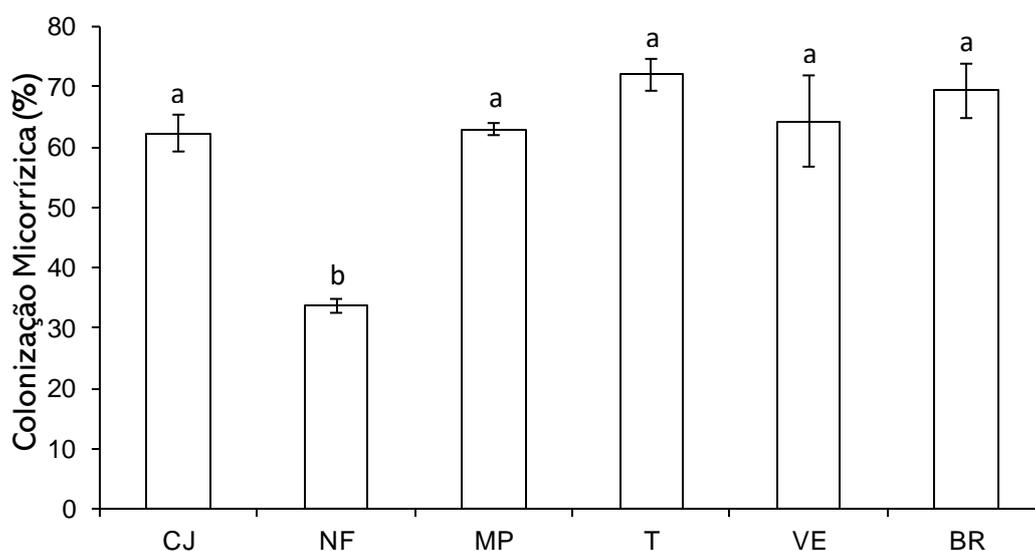


Figura 4: Taxa de colonização micorrizas no milho em sucessão com as plantas de cobertura, sobre plantio direto (PD) em Latossolo Vermelho, localizado na Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. CJ – Crotalária juncea; NF – Nabo forrageiro; MP – Mucuna-preta; T- Trigo; VE – Vegetação espontânea; BR – Brachiária (médias realizadas pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$, com efeito significativo, CV = 6,75).

Em trabalho avaliando a influência de plantas de cobertura, bem como o efeito do manejo do solo por sistema plantio direto ou preparo convencional, na colonização micorrízica de milho e soja na região do Cerrado, Angelini et al. (2012) verificaram comportamento semelhante ao observado nesse trabalho, onde as plantas de milho apresentaram colonização micorrízica alta (em torno de 95%) quando cultivadas em sucessão a gramíneas (milheto e braquiária).

A colonização micorrízica é influenciada por diversos fatores, como a espécie vegetal, densidade de raízes, estágio de crescimento, presença de propágulos infectivos da comunidade nativa de FMA e o manejo do solo (MOREIRA E

SIQUEIRA, 2006). Dessa forma, foi possível verificar que as diferentes plantas de cobertura promovem um efeito significativo na colonização micorrízica do milho em sucessão, o que está possivelmente relacionado com a influência das plantas de cobertura na dinâmica da população de FMA e na formação de propágulos infectivos

5.3 Carbono orgânico total

O carbono orgânico total não apresentou efeito significativo (Tukey $p \leq 0,5$) no milho em sucessão às plantas de cobertura. Por outro lado, as plantas de cobertura apresentaram efeito significativo (Tukey $p \leq 0,5$) nos teores de carbono orgânico total no solo, apresentando uma média $2,41 \text{ g kg}^{-1}$ (tabela 4).

Um dos fatores que podem ser usados para explicar o efeito não significativo no milho em sucessão as plantas de cobertura, é justamente o sistema de plantio direto, que contribui para redução nas perdas de carbono orgânico total do solo. Isso se deve ao fato de que os restos culturais das plantas de cobertura são mantidas no solo, fazendo com que ocorra uma proteção física da matéria orgânica, contra os processos erosivos (SIX et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2008., ZOTARELLI et al., 2012).

As leguminas assim como as crucíferas, apresentam uma relação C/N baixa, o que faz com que a demanda por esse nutriente pelos microrganismos no processo de decomposição seja suprida. Ao contrário das leguminosas, as gramíneas apresentam uma alta relação C/N, o que faz com que o nitrogênio mineralizado não seja suficiente para a demanda dos microrganismos. Pelo fato das gramíneas apresentarem uma relação C/N alta, elas contribuem com uma relativa fitomassa, prolongando a cobertura do solo por um tempo maior, ao contrário das leguminosas, que por apresentarem uma relação C/N baixa, acelerando o tempo de decomposição da palhada, promovendo assim, um tempo menor de cobertura no solo (ANDREOLA et al., 2000; PERIN et al., 2004; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

Além da relação C/N do solo, o teor de lignina também tem uma influência na decomposição das plantas de cobertura no solo, por conferir rigidez as plantas, impermeabilidade ao ataque de microrganismos. Dependendo da idade da

planta, seu teor de lignina é entre 5 e 15%, de acordo com a espécie da planta (WAGNER & WOLF, 1999).

Segundo Carvalho et al. (2010), a mucuna-preta apresenta 5,56% de lignina e a crotalária 4,34% de lignina, isso faz com que mesmo essas plantas sendo classificadas como leguminosas, seu teor de lignina é muito elevado, dificultando assim a ação dos microrganismos na decomposição da palhada no solo, fazendo com que o carbono absorvido pelas plantas, demore a ser incorporado ao solo. Diferente da brachiaria, que é uma gramínea, com decomposição mais lenta, seu teor de lignina é considerado muito baixo (1,75%), fazendo com que os microrganismos decomponham a palhada de uma forma mais acelerada, e incorporando no solo, o carbono das plantas.

Tabela 4: Carbono orgânico total (COT), em g kg⁻¹ em profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo Vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no sistema de plantio direto (SP) em sucessão com o milho.

Tabela 4: Carbono orgânico total (COT), em g kg⁻¹ em profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo Vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no sistema de plantio direto (SP) em sucessão com o milho.

Tratamentos	Plantas de cobertura		Milho
	COT		COT
Nomes	g kg ⁻¹		
MP	22,1 b		23,7 a
CJ	22,8 b		22,3 a
T	24,1 ab		22,1 a
BR	26,2 a		24,2 a
VE	24,1 ab		21,6 a
NF	26,0 a		23 a
Média	24,1		22,8

MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR – Brachiária; NF – Nabo forrageiro; VE – Vegetação espontânea

5.4 Carbono orgânico particulado

O teor de carbono orgânico particulado, tanto nas plantas de cobertura como no milho em sucessão não apresentaram efeito significativo (Tukey $p \leq 0,5$),

sendo que nas plantas de cobertura a média do carbono orgânico particulado foi de 2,28 g kg⁻¹ e o milho obteve uma média de 3,12 g kg⁻¹(tabela 5).

Apesar de não ter apresentado diferença significativa entre as plantas de cobertura e o milho em sucessão, os resultados de carbono orgânico particulado estão coerentes com outros trabalhos pesquisados. Silva (2017), analisando os atributos químicos e microbiológicos do solo cultivados com duas variedades de cana-de-açúcar em regimes hídricos diferentes, obteve resultados semelhantes, onde a sua média foi de 2,15 g kg⁻¹ para a cultivar RB92579 e de 2,41 g kg⁻¹ para a cultivar RB928064. A autora relaciona esses resultados a uma maior taxa de decomposição da matéria orgânica, devido ao menor aporte de resíduos vegetais inerentes à cultivar RB928064.

Loss et al. (2014) e Lima et al. (2016), relataram um aumento maior na concentração do carbono orgânico particulado no sistema de plantio direto e com uso de plantas de cobertura comparada ao sistema de plantio convencional, principalmente nas camadas superficiais de 0 – 5 cm e de 5 – 10 cm, no sistema de plantio direto, e a palhada fica na camada superficial do solo.

Tabela 5: Carbono orgânico particulado (COP), em g kg⁻¹ em profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no Sistema de Plantio Direto (SPD) em sucessão com o milho.

Tratamentos	Plantas de coberturas		Milho
	COP		COP
Nomes	g kg ⁻¹		
MP	2,37 a		3,12 a
CJ	2,23 a		5,31 a
T	2,21 a		2,85 a
BR	2,42 a		1,0 a
VE	2,16 a		1,0 a
NF	2,3 a		5,5 a
Média	2,28		3,12

MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR – Brachiária; NF – Nabo forrageiro; VE – Vegetação espontânea

5.5 Carbono lábil

O carbono lábil não apresentou efeito significativo (Tukey $p \leq 0,5$) no solo sob as plantas de cobertura, apresentando uma média de 2,81 g kg⁻¹. No solo sob o

milho que foi plantado em sucessão às plantas de cobertura, apresentou efeito significativo (Tukey $p \leq 0,5$), com uma média de $2,39 \text{ g kg}^{-1}$, e o solo sob cultivo de nabo forrageiro anterior ao milho, apresentou o maior valor de carbono lábil ($3,12 \text{ g kg}^{-1}$) e a vegetação espontânea o menor valor ($1,97 \text{ g kg}^{-1}$) (tabela 6).

O reservatório lábil da matéria orgânica pode ser compreendido como o conjunto de compostos que estão prontamente disponíveis para a decomposição pela atividade microbiana (DUXBURY et al., 1989). O carbono lábil, e o carbono orgânico particulado, fazem parte desse reservatório, sendo influenciado por fatores ambientais, de manejo do solo e pela qualidade dos resíduos vegetais que são depositados no solo. No presente de trabalho, o principal fator de influência foram as plantas de cobertura cultivadas previamente ao plantio de milho.

O nabo forrageiro foi a espécie de planta de cobertura que apresentou o maior teor de carbono lábil, isso pode estar associado com o teor de lignina que a planta apresenta, pois além de ser uma planta com relação C/N baixa, tendo assim uma decomposição rápida dos resíduos vegetais, a lignina apresentando 4,20% (CARVALHO et al., 2010), o que diminui a decomposição de seus resíduos. Por outro lado, pode manter o solo coberto por mais tempo.

Souza (2013), avaliou a influência de sistemas de manejo do solo e da adubação fosfatada nos teores de matéria orgânica do solo, e verificou que a adoção do sistema plantio direto, juntamente com a adubação fosfatada ($100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) favoreceu o acúmulo de carbono lábil na camada de 0-10 cm, entre $3,0$ a $3,5 \text{ g kg}^{-1}$, em área cultivada com milho em sucessão a soja, rotacionada com milheto ou mucuna preta.

Tabela 6: Carbono lábil (CL), em g kg⁻¹ na profundidade de 0 – 10 cm do solo em Latossolo vermelho nas áreas onde estavam presentes as plantas de cobertura que foram usadas no sistema de plantio direto (SP) em sucessão com o milho.

Tratamentos	Plantas de coberturas	
	CL	Milho
Nomes	g kg ⁻¹	
MP	2,52 a	2,13 ab
CJ	2,73 a	2,52 ab
T	2,46 a	2,03 ab
BR	2,81 a	2,56 ab
VE	3,92 a	1,97 b
NF	2,96 a	3,12 a
Média	2,81	2,39

MP – Mucuna-preta; CJ – Crotalária juncea; T – Trigo; BR – Brachiária; NF – Nabo forrageiro; VE – Vegetação espontânea

5.6 Relação entre os atributos químicos do solo e as micorrizas arbusculares

A análise de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo avaliados na floração do milho, as frações de carbono avaliadas com a taxa de colonização micorrízica é apresentada na tabela 7.

A partir do resultado da análise de correlação é possível observar que a colonização micorrízica do milho em sucessão a diferentes plantas de cobertura foi significativamente influenciado pelos teores de alumínio e fósforo do solo. Para o alumínio o efeito foi sinérgico, ou seja, o aumento nos teores de alumínio trocável relacionou-se positivamente com o aumento na taxa de colonização das plantas de milho. Já para o fósforo, verificou-se um efeito antagônico que já é relatado em diversos trabalhos e na literatura (Cardoso et al., 2010), uma relação inversa entre o aumento no teor de fósforo no solo e a taxa de colonização micorrízica das plantas de milho.

Tabela 7: Correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e a colonização micorrízica do milho cultivado em sucessão a diferentes plantas de cobertura, na região do Cerrado (* significativo a 5%; ** significativo a 1%).

	pH	P	K	Ca+Mg	Al	H+AL	SB	CTC	V	CM	COT	CP
pH	1	0,03										
P	0,03	1										
K	0,07	-0,03	1									
Ca+Mg	-0,32	0,21	-0,22	1								
Al	-0,17	-0,62**	0,39	-0,48**	1							
H+AL	-0,36	-0,18	-0,09	-0,21	0,52*	1						
SB	-0,19	0,13	0,65**	0,59*	-0,05	-0,24	1					
CTC	-0,36	-0,18	-0,07	-0,19	0,52*	1**	-0,21	1				
V	0,15	0,2	0,46	0,53*	-0,38	-0,78**	0,78**	-0,76**	1			
CM	0,14	-0,76**	-0,18	-0,18	0,53*	0,3	-0,29	0,29	-0,32	1		
COT	-0,24	-0,21	0,57*	-0,07	0,45	0,22	0,41	0,24	0,09	0,03	1	
CP	0,28	0,01	0	0,12	0,1	0,19	0,1	0,2	-0,02	-0,01	0,04	1

pH – Potencial Hidrogeniônico; P – Fósforo; K – Potássio; Ca +Mg – Cálcio e Magnésio; Al - Alumínio; H+Al – Acidez Potencial; SB – Soma de bases; CTC – Capacidade de troca de cátions; CM – Colonização micorrízica; COT – Carbono orgânico total; COP – Carbono orgânico particulado.

A relação significativa entre demais atributos químicos do solo estão em concordância com a literatura (Sousa e Lobato, 2004), destacando-se as relações inversas entre os teores de alumínio com os teores de fósforo e cálcio + magnésio, bem como a relação positiva entre a soma de bases e os cátions trocáveis.

As plantas de cobertura apresentam uma grande importância no sistema de plantio direto, por conseguirem interferir na fertilidade do solo como no teor de fósforo, que é considerado um nutriente pouco móvel, apresentando assim uma limitação na absorção das raízes das plantas, e esse fato pode estar relacionado com a importância que as plantas de cobertura apresentam na simbiose micorrízica, que na maioria das espécies de plantas, apresenta uma boa colonização micorrízica, produzindo assim hifas que aumentam a superfície de absorção de água e nutrientes em profundidades, absorvendo principalmente o fósforo, um macronutriente de difícil absorção pelas raízes das plantas, devido a sua baixa mobilidade.

6 CONCLUSÕES

- As plantas de cobertura que estabeleceram uma relação simbiótica com os fungos micorrízicos, apresentaram uma elevada taxa de colonização, interferindo no milho cultivado em sucessão.
- O Nabo forrageiro foi a única planta de cobertura que não apresentou uma colonização micorrízica satisfatória, tanto nas plantas de cobertura como no milho em sucessão.
- As plantas de cobertura em sucessão ao milho, apresentaram uma influência na fertilidade do solo, principalmente no fósforo, que apresentou um baixo teor no solo sob o nabo forrageiro, resposta esta que pode ser explicada pela associação micorrízica.
- As frações granulométricas de carbono no solo, apresentaram efeito significativo somente no carbono orgânico total nas parcelas que estavam as plantas de cobertura e no carbono lábil nas parcelas do milho em sucessão

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abides. Associação Brasileira de Integração e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://abides.org.br/estudo-coordenado-pelo-inpe-aponta-os-riscos-da-exploracao-do-Cerrado/mapa-Cerrado/>> Acesso em: 23 de abril de 2018

ALVARENGA, Ramon Costa; CABEZAS, Waldo Alejandro Lara; CRUZ, José Carlos; SANTANA, Derli Prudente. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2001.

ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luis Eduardo A. Sanches. **Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.

AMABILE, Renato Fernando; FANCELLI, Antonio Luiz; CARVALHO, Arminda Moreira de. **Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

AMADO, Telmo Jorge Carneiro; MIELNICZUK, Joao; FERNANDES, Sandra Beatriz Vicenci. **Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n. 1, 2000.

ANDREOLA, Faustino; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, Nelci. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, 2000.

ARAUJO, ALYSON SILVA. **Efeito do biochar de lodo de esgoto na redução das emissões de óxido nitroso do solo sob condições de incubação**. 2015. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. **Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack**. *Organic Geochemistry*, v. 31, n. 07/08, p. 697-710, 2000

BALOTA, Elcido Libório.; HUNGRIA, Mariangela.; COLOZZI FILHO, Arnaldo.; Campo, Rubens José.; HERNANI, Luis Carlos. **Biologia do Solo**. In: SALTON, Julio C.; HERNANI, Luis C.; FONTES, Clarice Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998., 1998. Pág. 91-102

BARROS, José Deomar de Souza. Estoques de carbono em solos dos Tabuleiros Costeiros Paraibanos: diferenças entre ambientes. **2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 201**

BAYER, Cimelio; BERTOL, Ildgardis. **Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica**. Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 23, n. 3 (1999), p. 687-694, 1999.

BAYER, Cimélio; MARTIN-NETO, Ladislau; MIELNICZUK, João, PAVINATO, Aurélio. **Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BEZERRA, Régis Pinheiro Martins et al. Formas de carbono em Latossolo sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado, Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, 2013.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. Australian Journal of Agricultural Research, 46:1459-1466, 1995.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 1990.

BRAZ, Antônio Joaquim Braga Pereira; SILVEIRA, Pedro Marques da; KLIEMANN, Huberto José; ZIMMERMANN, Francisco José Pfeilsticker.

Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, 2004.

Brundrett Mark.; Bougher Neale.; Dell Bernie.; Grove Tim.; Malajczuk Nick. **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture**. ACIAR Monograph 32. 374 + xp, 1996.

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

CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D.M.; PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil. 1. ed. Lavras: UFLA, 2010. cap. 6, p. 153-214.

CARMO, Fabiana Fonseca do et al. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. Bioscience Journal, v. 28, n. 3, 2012.

CARMONA, Ricardo. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta daninha**, v. 10, n. 1/2, p. 5-16, 1992.

CARVALHO, A. M. et al. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. **Embrapa Cerrados**, 2010.

CARVALHO, Arminda Moreira de . Adubação verde e qualidade do solo no cerrado. **Embrapa Cerrados-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2010.

CARVALHO, Arminda Moreira de et al. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008.

CARVALHO, Arminda Moreira de et al. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J. BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, p. 541-549, 2008.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 416p, 2004.

DE SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; LOBATO, Edson. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Fosforo na Agricultura Brasileira, Yamada, T. and SRS Abdalla (Eds.)**, p. 157-196, 2004.

DIEKOW, J. Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Porto Alegre, 2003. 164f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003**

DORAN, John W.; PARKIN, Timothy B. **Defining and assessing soil quality.** *Defining soil quality for a sustainable environment*, n. definingsoilqua, p. 1-21, 1994.

DUDA, Gustavo Pereira et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.

DUXBURY, J.J.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. **Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients.** In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, University of Hawaii, p.33-67, 1989

EDP-IV. Economia do Cerrado, 2012. Disponível em: <<https://www.normaseregras.com/normas-abnt/referencias/>> Acessado em: 05/06/2018

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_43_9112_00585233.html> Acesso em: 24 de abril de 2018

Encyclopaedia Britannica. Brassicaceae: Família de plantas. Disponível em: <<https://www.britannica.com/plant/Brassicaceae>> Acesso em: 05 de junho de 2018

ESPINDOLA, José Antônio Azevedo et al. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 339-347, 1998.

ESPÍNDOLA, José Antonio Azevedo; GUERRA, José GM; DE ALMEIDA, D. L. Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

EVANGELISTA, Balbino Antonio et al. Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana-de-açúcar em ambiente de cerrado. 2011.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto. **Scientia Agricola**, v.36, n.80, p.265-277, 2008.

FERREIRA, Paulo Ademar Avelar.; STEFFEN, Ricardo Bemfica. Micorrizas aumentam o aproveitamento do fósforo. *Revisita Campo e Negócio*, Uberlândia – MG, 2017

Gionvannetti, M.; Mosse, B. **An evaluation of techniques to measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infections in roots**. *New Phytologist*, v. 84, p. 489–500, 1980.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P. **Soil-structure and carbon cycling**. *Australian Journal Soil Research*, 32:1043-1068, 1994.

GOMIDE, Plínio Henrique Oliveira et al. Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1483-1490, 2010.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, 1999.

HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. Para entender Micorrizas Arbusculares. **Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E), 2006.**

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Relatório Técnico de Identificação e Delimitação das Terras do Quilombo Mesquita (RTID). Publicado no Diário Oficial da União em 29 e 30 de Agosto de 2011.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KLUTHCOUSKI, João; STONE, Luís Fernando; AIDAR, Homero. Integração lavoura-pecuária. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2003.

LAMBAIS, Marcio R.; RAMOS, Alessandro C. **Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas**. In: Siqueira et al. *Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil*. Lavras, UFLA, 2008. pág. 119-132

LEPSCH, Igo F. Formação e conservação dos solos. oficina de textos, 2016.

LIMA, Carlos Eduardo Pacheco; FONTENELLE, Mariana Rodrigues; MADEIRA, Nuno Rodrigo; SILVA, Juscimar da; GUEDES, Ítalo Moraes Rocha; SILVA, Luciana Rodrigues Borba; SOARES, Daiane Costa. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 4, p. 378-387, 2016.

LINO, Ingrid AlexssandraNeris. Produtividade do milho e atividade biológica do solo sob influência de fungos micorrízicosarbusculares e de adubação orgânica. 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; FERREIRA, E.P.; SANTOS, L.L.; BEUTLER, S.J. Frações oxidáveis do carbono orgânico do solo em sistema de aléias sob Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 867-874, 2009.

LOSS, Arcângelo; PEREIRA, Marcos Gervasio; COSTA, Elias Mendes; BEUTLER, Sidinei Julio. Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no Paraná, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, 2014.

MACEDO, Jamil. Uso atual do Cerrado. In: Produção de alimentos: o potencial dos cerrados. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 1996. Pg. 24 - 26

MAIA, Leonor Costa.; DA SILVA, Fábio Sérgio Barbosa.; GOTO, Bruno Tomio. **Micorrizasarbusculares na recuperação de áreas degradadas**. In: Siqueira et al. Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras, UFLA, 2008. pág. 75-118

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. A apropriação do Cerrado pelo agronegócio e os novos usos do território. *Campo- -território: revista de geografia agrária*, v. 9, n. 17, p. 6-26, abr. 2014.

MENDES, I. de C. et al. Biomassa C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Embrapa Cerrados-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**, 1999.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV.2005. 107p.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. MicorrizaArbusculares. In: VARGAS, M. A.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos Cerrados*. Planaltina, DF: Embrapa – CPAC, 1997. pg. 69 – 123

MIRANDA, Jeanne Christine Claessen de et al. Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2001.

MIRANDA, Jeanne Christine Claessen de; MIRANDA, Leo Nobre de. Contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção com plantio direto e convencional no Cerrado. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 23 de abril de 2018

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 05 de junho de 2018

MOREIRA, Fátima M. S.; SIQUEIRA, José Oswaldo. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. ed. Lavras, MG: UFLA, 2006. pág. 543-661

Mycorrhizas.info. **Método para contagem da colonização micorrízica**. Disponível em: <<http://mycorrhizas.info/method.html>>. Acesso em: 20/05/2018

NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. **Total carbon, organic carbon and organic matter**. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, Soil Science Society of America, 1982. p.539-579.

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, 2000.

NOVAIS, RF de; SMYTH, T. Jot. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG (Brasil). Dept. de Solos, 1999.

PAULA, A.M. Micorrizas Arbusculares. In: Dionísio, J.A. et al. Guia prático de biologia do solo. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. 33-42p.

PEREIRA, Aloisio Rodrigues. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2. ed. Belo Horizonte, MG: FAPI, 2008. p. 24-139

PEREIRA, D. S. et al. Matéria orgânica particulada de um Latossolo Vermelho amarelo em função do uso de adubos verdes na Chapada Diamantina. **In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 8., 2014, Cruz das Almas, Ba. Pesquisa: despertando mentes para a inovação e transformando o futuro:[anais]. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014.**PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. **Adubos verdes e sua utilização no cerrado.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia, GO. Anais. Campinas, SP : Fundação Cargill, 1992. p.140-154.

PERIN, Adriano et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

Ramos, A.C.; Martins, M.A. **Fisiologia de micorrizas arbusculares.** In: Siqueira et al. Micorrizas 30 anos de pesquisas no Brasil. Lavras, UFLA, 2008. pág. 133-152.

REICOSKY, D. C.; FORCELLA, Frank. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 53, n. 3, p. 224-229, 1998.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998.

ROBLES ANGELINI, Guilherme Augusto et al. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012.

ROSSI, Celeste Q. et al. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, 2012.

SANTOS, Rita de Cássia Evangelista dos. A APROPRIAÇÃO DO CERRADO BAIANO PELO AGRONEGÓCIO: novos usos do território e as mudanças

socioeconômicas e socioespaciais. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 20, n. 3, p. 8-17, 2016.

SCHEEREN, P. L.; DE CASTRO, R. L.; CAIERAO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

SHANG, C. & TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. *Soil Science*, 162:795-807, 1997.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHENTTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, 46:1321- 1331, 2011.

SILVA, Francisco Nildo da et al. Crescimento e produção de grãos da soja sob diferentes doses e fontes de fósforo em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1220-1221, 2009.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.) **Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: Embrapa – CPAC, 1997. P. 467-524**

SILVA, Stefany Braz. ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO “ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO COM DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB REGIMES HÍDRICOS VARIÁVEIS”. Orientação: Maria Lucrecia Gerosa Ramos, Brasília 2017. 65 páginas

SIX, J.; AGLE, S. M.; BREIDT, F. J.; CONANT, R. T.; MOSIER, A. R.; PAUSTIAN, K. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. *Global Change Biology, Urbana*, v. 10, n. 2, p. 155-160, 2004.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SA, M.J.C. **Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no-tillage.** *Agronomie*, v.22, p.755- 775, 2002.

SODRÉ FILHO, Joilson et al. Culturas de sucessão ao milho na dinâmica populacional de plantas daninhas. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, 2008.

SODRÉ FILHO, Joilson et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

SOUZA et al. Sequestro de carbono em áreas de pastagens e Cerrado stricto sensu, 2012

SOUZA, Francisco Adriano de.; STURMER, Sidney Luiz.; CARRELHO, Rosilaine.; TRUFEM, Sandra Farto Botelho. **Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas**. In: Siqueira et al. Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras, UFLA, 2008. pág. 15-74

SOUZA, Vênia C de. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 10, n. 3, p. 612-618, 2006.

SOUZA, Wilson José Oliveira de; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1113-1122, 2003.

STONE, L. F.; SILVEIRA, PM da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, 2001.

The Encyclopedia of Earth. Brassicaceae: uma família agro-horticulturalmente importante. **Disponível em:**

<[https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Brassicaceae: An agri-horticulturally important family](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Brassicaceae: An_agri-horticulturally_important_family)> Acesso em: 05 de junho de 2018

VARGAS, Milton AT; HUNGRIA, Mariangela. **Biologia dos solos dos cerrados**. EMBRAPA-CPAC, 1997.

VISCHI FILHO, O. J. Utilização de resíduos vegetais na recuperação de áreas críticas e degradadas, em pastagens no Estado de São Paulo. **XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. São Paulo, 2006.

WAGNER, G. H.; WOLF, D. C. Carbon transformations and soil organic matter formation. **Principles and Applications of Soil Microbiology**. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.

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

WENDLING, B.; JUNCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, I. C. L.; SILVA, I. R.; COSTA, L. M. Organic-Mater Lability and Carbon-Management Indexes in Agrosylvopasture System on Brazilian Savannah. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39:1750-1772, 2008.

WILDNER, Leonardo do Prado. **Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo**. In: LIMA FILHO, Oscar Fontão de et al., *Adubação verde e plantas de cobertura no Braisl: Fundamentos e Práticas*. 1. ed. v 2. Brasília, DF: Embrapa, 2014. pág. 19-44

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*, In Press, Corrected Proof, 2012.