



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ALTERAÇÕES DO NITROGÊNIO E DOS NUTRIENTES EM SOLO CULTIVADO
COM PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO**

ELINE JESUS DE MENEZES

**Brasília, DF
Julho de 2018**

ELINE JESUS DE MENEZES

**ALTERAÇÕES DO NITROGÊNIO E DOS NUTRIENTES EM SOLO CULTIVADO
COM PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO**

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Lucrécia Gerosa Ramos.

**Brasília, DF
Julho de 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

MENEZES, Eline Jesus de.

“ALTERAÇÕES DO NITROGÊNIO E DOS NUTRIENTES EM SOLO CULTIVADO COM PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO”. Orientação: Maria Lucrécia Gerosa Ramos, Brasília 2017. 48 páginas.

Trabalho de conclusão de curso (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. Cerrado 2. Milho 3. Nitrogênio 4. Plantas de cobertura
. I. Ramos, M. L. G. II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENEZES, E. J. de. Alterações do nitrogênio e dos nutrientes em solo cultivado com plantas de cobertura e milho em sucessão. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 48 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome da Autora: ELINE JESUS DE MENEZES

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Alterações do nitrogênio e dos nutrientes em solo cultivado com plantas de cobertura e milho em sucessão.

Grau: 3º Ano: 2018

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

ELINE JESUS DE MENEZES

E-mail: eline.j.menezes@gmail.com

ELINE JESUS DE MENEZES

**ALTERAÇÕES DO NITROGÊNIO E DOS NUTRIENTES EM SOLO CULTIVADO
COM PLANTAS DE COBERTURA E MILHO EM SUCESSÃO**

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Lucrecia Gerosa Ramos

BANCA EXAMINADORA:

Maria Lucrecia Gerosa Ramos
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Orientadora / e-mail: lucrecia@unb.br

Alessandra Monteiro de Paula
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Examinadora / e-mail: alessandramp@unb.br

Lurdineide de Araújo Barbosa Borges
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Examinadora / e-mail: borgeslab@unb.br

**Brasília, DF
Julho de 2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter cuidado de mim e ter me guiado até aqui, momento no qual finalizo minha graduação e concluo este trabalho.

À professora Lucrécia, pelos ensinamentos e pela orientação, e à professora Alessandra pelo apoio.

Aos meus pais, Maria e Carlos, por terem sido sempre atenciosos e carinhosos, dando-me suporte e incentivo.

Aos meus tios e familiares, Benita, Dijalma, Zé Maria e Ana Flávia, pelo apoio e acolhimento que sempre me deram desde que cheguei a Brasília.

Aos meus irmãos, em especial às minhas irmãs Aline, Cecília e Dáurea, pelo grande apoio que me deram e pela contribuição para a realização deste trabalho.

À minha linda sobrinha Maya, que me trouxe alegria e me provocou vários sorrisos nesta última fase do curso.

Ao meu namorado Luiz Felype, pelo amor, carinho e grande companheirismo durante os cinco anos de faculdade, proporcionando-me alegrias nos momentos tristes e estressantes que passei.

Aos meus sogros, Iara e José Carlos, pelo apoio.

Aos amigos que me ajudaram nas análises de laboratório, Joyce, João Victor, Larissa, Gabriel e Plínio; em especial a Stefany, que foi uma grande amiga e sempre estava disposta a ajudar quando eu precisava, e a Daniel Salas, pelo auxílio na realização da estatística deste trabalho.

A todos os amigos que cultivei nos cinco anos de curso, novamente a João Victor e Larissa, assim como a Raquel, por terem sido engraçados, maravilhosos e atenciosos. A Thainá, Beatriz, Luis, João César, Lizandra, Mayara, Karen, Michelli, Jéssica, Thales, Cecillia, Renato, Júlia e Babiana, que de alguma forma me ajudaram e estiveram comigo, sendo no RU para compartilhar das melhores refeições, ou nas saídas à noite.

À minha amiga Denise, pela grande amizade e pelo incentivo.

Às amigas Crisângela e Mariana, que me receberam com toda atenção no MAPA e sempre me deram palavras de apoio.

Aos meus felinos, por terem sido fofos e maravilhosos, dando-me alegria.

Enfim, a todos que se preocuparam comigo e foram pacientes, muito obrigada!

RESUMO

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma prática de manejo utilizada com a finalidade de cobrir o solo, controlar o processo de erosão e proporcionar aumento nos teores de matéria orgânica e nutrientes. O uso das plantas de cobertura favorece o cultivo de culturas comerciais, como, por exemplo, o milho, que pode ser cultivado em subsequência e ser favorecido pelo fornecimento de nutrientes pela cobertura vegetal. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de plantas de cobertura na fertilidade e frações do nitrogênio do solo sob plantas de cobertura. O experimento foi realizado em um solo classificado como Latossolo Vermelho A moderado, localizado na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. Utilizaram-se seis espécies de plantas de cobertura: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), crotalária (*Crotalária juncea*), braquiária (*Urochloa ruziziensis*), trigo (*Triticum aestivum*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e vegetação espontânea. O delineamento experimental foi em blocos casualizados. A coleta de solo foi realizada em duas épocas: em julho de 2017, quando as plantas de cobertura estavam no seu período de floração, e em janeiro de 2018, quando o milho estava sob o solo. Nessas épocas, houve alteração das frações de nitrogênio no solo. A *C. juncea* foi a planta de cobertura que apresentou maior fração do N particulado, apresentando valores de 0,64 e 0,68 na primeira e na segunda coleta, respectivamente. O N disponível do solo foi semelhante entre as plantas de cobertura nas duas épocas de coleta de solo.

Palavras-chave: Cerrado, milho, nitrogênio, planta de cobertura.

ABSTRACT

The no-tillage system is a management practice applied with the purpose of covering the soil, controlling the erosion process and providing an increase in the organic matter and nutrients contents. The use of cover crops favors the cultivation of commercial crops, such as maize, which can be cultivated in a subsequent period and favored by nutrient support by the vegetation cover. Therefore, this work had as objective the effect of cover plants on the fertility and soil fractionation in the soil under cover plants. The experiment was conducted in a soil classified as Red Latosol A moderate, localized at Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. They used the six species of cover: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), brachiaria (*Trochum aestivum*), forage turnip (*Raphanus sativus*), brachiaria (*Urochloa ruziziensis*) and spontaneous vegetation. The experimental design was in randomized blocks. Soil collection was carried out in two seasons: in July 2017, when the cover plants were in their flowering period, and in January 2018, when the corn was under the ground. At these times, there was alteration of the nitrogen fractions in the soil. *C. juncea* was the cover plant that presented the highest fraction of the particulate N, presenting values of 0.64 and 0.68 in the first and second collection, respectively. The available N of the soil was similar between the cover crops in the two seasons of soil collection.

Key words: Cerrado, corn, nitrogen, cover plant.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO GERAL	10
2.1. Objetivos específicos	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1. Cerrado	11
3.2. Plantas de cobertura	12
3.3. Milho	14
3.4. Plantas de cobertura utilizadas	15
3.5. Nutrientes do solo	18
3.5.1. Nitrogênio (N)	19
3.5.2. Fósforo (P)	20
3.5.3. Potássio (K)	21
3.5.4. Soma de bases e acidez potencial	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. Descrição da área experimental	23
4.2.1 Fertilidade do solo	23
4.2.1.1. Acidez ativa (pH)	24
4.2.1.2. Acidez potencial ($H + Al^{3+}$)	24
4.2.1.3. Alumínio (Al^{3+})	24
4.2.1.4. Ca+Mg trocáveis	25
4.2.1.5. Fósforo (P) e potássio (K+)	25
4.2.2. Nitrogênio disponível	25
4.2.3. Nitrogênio total e particulado	26
4.2.4. Matéria orgânica - Método de Walkley Black	27
4.3. Análise estatística	27
5. RESULTADOS	28
5.1. Nitrogênio	28
5.2. Fertilidade	31
6. DISCUSSÃO	34
7. CONCLUSÕES	37
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

Os solos do Cerrado são considerados pouco férteis, com boas propriedades físicas, mas possuem potencial produtivo (Correia *et al.*, 2004). Nesta região, destaca-se o clima com duas estações bem definidas, sendo estação seca e estação chuvosa. Os solos são classificados, geralmente, como latossolo (Bernardi *et al.*, 2003). As temperaturas elevadas do Cerrado contribuem com a aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo, promovendo a rápida mineralização dos resíduos vegetais, dificultando a manutenção da cobertura do solo.

No Sistema de Plantio Direto (SPD), os resíduos vegetais permanecem no solo, e esta técnica proporciona a recuperação da capacidade de produção agrícola do solo, sendo indicadas plantas de decomposição mais lenta, com maior relação C:N e teores de lignina elevados, o que favorece a manutenção da cobertura do solo por mais tempo e, portanto, a taxa de decomposição desses resíduos depende da composição química da espécie utilizada.

Os sistemas de produção que mantêm a cobertura do solo, além de preservar o teor de matéria orgânica, contribuem com o seu aumento (Correia *et al.*, 2004). Associado ao sistema de plantio direto, o uso de espécies vegetais (gramíneas ou leguminosas) utilizadas como plantas de cobertura melhoram a qualidade do solo e contribui para o acúmulo de nutrientes no solo.

No Brasil, a utilização do sistema de plantio direto ocupa uma área de aproximadamente 18 milhões de hectares, e no Cerrado essa área corresponde a 28%, sendo 5 milhões de hectares. E devido às condições climáticas da região, a formação de palhada é dificultada (Carvalho, 2010), pois as elevadas temperaturas favorecem a rápida decomposição.

O SPD assegura melhores condições para o solo, em relação às propriedades físicas, químicas e biológicas, além de reduzir os riscos de doenças e pragas, entre outros. No entanto, segundo Reichardt *et al.* (2009) esses benefícios dependem das condições edafoclimáticas e da cultura agrícola.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de plantas de cobertura na fertilidade e frações do nitrogênio do solo em duas épocas de coleta.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar as frações de nitrogênio do solo cultivado com plantas de cobertura e milho em sucessão, no Cerrado, em diferentes épocas de coleta (julho de 2017 e janeiro de 2018);
- Avaliar a fertilidade do solo cultivado com plantas de cobertura no Sistema de Plantio Direto (SPD).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cerrado

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o bioma Cerrado é o segundo maior da América do Sul, o qual ocupa uma área de aproximadamente 2.036.448 km², correspondendo a cerca de 22% do território nacional, e localiza-se principalmente no Planalto Central do Brasil (Ribeiro e Walter, 1998). Esse bioma caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, e o clima é do tipo Aw, conforme a classificação de Köppen, o qual prevalece em grande parte da área desse bioma (Macena *et al.*, 2008).

De acordo com Correia *et al.* (2004), a distribuição dos solos do Cerrado é a seguinte: Latossolos (45,7%), Neossolosquartzarênicos (15,2%), Argissolos (15,1%), Plintossolos (9,0%), Gleissolos (2,5%), Neossoloslíticos (7,3%), Cambissolos (3,1%) e Nitossolo Vermelho (1,7%). Os Latossolos possuem a fração argila composta por caulinita, óxidos de ferro e óxidos de alumínio. São caracterizados como ácidos, de baixa CTC e, conseqüentemente, baixa fertilidade, além de serem muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas (Gomes *et al.*, 2004). Essa é uma dificuldade encontrada para o desenvolvimento agrícola nesta região, uma vez que são solos com alto teor de alumínio e baixas concentrações de cálcio e magnésio, além de serem, em sua maioria, pobres em fósforo assimilável (Correia *et al.* 2004; Oliveira, 2013). A acidez do solo pode prejudicar o desenvolvimento das raízes das plantas, desta forma, a absorção dos nutrientes fica comprometida.

Em relação ao desenvolvimento agrícola no Cerrado, Correia *et al.* (2004) apontam que, apesar de a baixa fertilidade dos solos predominantes na região representar fator limitante, esse bioma é uma importante região agrícola no Brasil. Os fatores que limitam o acúmulo de matéria orgânica no solo estão relacionados às condições climáticas da região, como a falta de chuvas durante o período de inverno, que restringe o uso de plantas de cobertura, e as altas temperaturas (Nunes *et al.*, 2011).

Apesar de a expansão agrícola na região ter proporcionado desenvolvimento econômico, o cultivo de soja e milho, por exemplo, alteraram a paisagem do bioma, provocando grandes perdas de vegetação nativa (Fernandes *et al.* 2016). Desse modo, é importante realizar manejo adequado do solo que inclui práticas conservacionistas (Correia *et al.*, 2004).

Algumas das atividades de manejo apropriado dos Latossolos estão associadas à manutenção da cobertura do solo (Correia *et al.*, 2004) e à utilização de cultivos consorciados de espécies arbóreas com culturas agrícolas (Pinto *et al.*, 2011). É imprescindível a adoção de sistemas de produção que mantenham a cobertura do solo, preservando ou aumentando os teores de matéria orgânica e o consequente aumento da retenção de umidade do solo (Correia *et al.*, 2004). Uma das práticas agrícolas que melhoram a qualidade do solo é a utilização de espécies vegetais, como plantas de cobertura. Dentre os grupos de plantas mais empregadas nesse sistema, estão as gramíneas e as leguminosas.

3.2. Plantas de cobertura

Na região do Cerrado, a utilização do Sistema de Plantio Direto (SPD), que é um sistema de manejo sem revolvimento do solo, contribui com a conservação do uso do solo e da água, uma vez que é utilizada a prática de rotação de culturas (Broch *et al.*, 1997).

Porém, como o clima do Cerrado favorece a decomposição dos resíduos vegetais, devido às altas temperaturas, ele provoca rápida exposição do solo à intensa radiação solar (Carvalho *et al.*, 1999). Em vista disso, a utilização de plantas de cobertura com alta relação C:N e alto teor de lignina é essencial para manter os resíduos vegetais na superfície do solo (Carvalho, 2010). Como propõem Leal *et al.* (2005), para que a utilização desse sistema seja eficaz, é importante intercalar culturas que produzam maior quantidade de matéria seca e que se decomponham lentamente, com outras capazes de reciclar nutrientes e fixar nitrogênio atmosférico. Além disso, as espécies que apresentam menor taxa de decomposição são indicadas para minimizar os efeitos da erosão do solo (Bortolini *et al.*, 2000). Além de proteger o solo, o consórcio de espécies em SPD, como os formados por gramíneas e outras plantas, permite a incorporação dos benefícios que proporcionam para as culturas associadas, como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes (Amado *et al.*, 2002; Ziech *et al.*, 2015).

As plantas de cobertura podem ainda promover ação alelopática e, desta forma, limitar a população de plantas invasoras (Alvarenga *et al.*, 2001; Favero *et al.*, 2001), além de controlar a erosão do solo, promover o aumento nos teores de matéria orgânica e nutrientes do solo, consequentemente, melhorar a qualidade do mesmo (Carvalho *et al.*, 2010).

As plantas de cobertura, quando utilizadas em área de produção agrícola, são um dos determinantes da composição e das propriedades da matéria orgânica fornecida ao solo manejado (Longo e Espíndola, 2000). Além disso, associadas às

bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, reciclam nutrientes e controlam pragas (Leal *et al.*, 2005).

Considerando as vantagens e desvantagens das plantas de cobertura, muitas vezes os consórcios entre elas e a cultura principal são recomendados, pois características, como produção de matéria seca, redução da erosividade do solo, disponibilidade de nutrientes, entre outras, dependem da espécie a ser utilizada no sistema. O uso de gramíneas como plantas de cobertura contribui tanto para a proteção do solo como para a liberação de nutrientes (Perin *et al.*, 2010).

Acerca das vantagens oferecidas pelas gramíneas, quando utilizadas como cobertura vegetal, podem ser citadas a elevada relação C:N (Amado *et al.*, 2002) e o sistema radicular abundante (Nunes *et al.*, 2011); no entanto, contribuem menos para a disponibilidade de nitrogênio em comparação às leguminosas (Amado *et al.*, 2002). Estas últimas, por sua vez, produzem menor quantidade de biomassa vegetal (Alvarenga *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2009) e, em geral, possuem taxa de mineralização mais rápida, em relação às gramíneas (Alvarenga *et al.*, 2001). Com esse processo de mineralização, gerado pela decomposição dos resíduos vegetais, a cultura em sucessão pode absorver parte dos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

As leguminosas estabelecem simbiose com algumas bactérias do gênero *Rhizobium*, o que possibilita o aumento de N pelo processo de FBN (Mateus e Wutke, 2006). Essas espécies possuem baixa relação C:N, ocasionando uma rápida liberação de nitrogênio presente nos resíduos vegetais decompostos, e pode comprometer a proteção do solo contra os processos erosivos (Silva *et al.*, 2006). Mas, por outro lado, possuem a vantagem do nitrogênio e outros elementos serem disponibilizados para as culturas subsequentes, em um período de tempo mais curto que as gramíneas.

Em sistemas de plantio direto, além de gramíneas e leguminosas, espécies de brassicáceas são utilizadas, por exemplo, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), uma das plantas de cobertura utilizadas neste trabalho. Essa cultura é caracterizada por possuir sistema radicular bem desenvolvido e capaz de penetrar em solos compactados, promovendo maior aeração ao solo, como o aumento dos bioporos, recuperando a estrutura do solo e favorecendo o desenvolvimento da cultura em subsequência (Müller *et al.*, 2001). Além dessas vantagens, pode-se citar a alta capacidade de disponibilização de nutrientes, principalmente potássio (K), fósforo (P) e magnésio (Mg) (Heinz *et al.*, 2011) e maior velocidade de crescimento que de gramíneas (Amado *et al.*, 2002; Doneda *et al.*, 2012).

Em relação a outras espécies utilizadas como planta de cobertura, o nabo tem apresentado maior produção de matéria seca da raiz e da parte aérea que das

leguminosas e gramíneas. A matéria seca da parte aérea diminuiu com a maior compactação do solo, diferentemente de outras espécies que não sofrem essa redução (Müller *et al.*, 2001). Outra desvantagem dessa cultura é a baixa persistência como cobertura do solo, em comparação a outras espécies de plantas (Heinz *et al.*, 2011).

O processo de decomposição dos resíduos vegetais das gramíneas ocorre de forma mais lenta, comparativamente às leguminosas e às brássicas. Desta forma, pode ocorrer redução no fornecimento de N para a cultura em sucessão, pois esse nutriente fica imobilizado (Aita *et al.*, 2001; Pavinato *et al.*, 1994).

Os diversos grupos de plantas fornecem matéria seca na parte aérea em proporções diferentes, dependendo das condições edafoclimáticas. Correia & Durigan (2008) obtiveram que a vegetação espontânea, diferente das outras espécies utilizadas em SPD, por ter menor produção de palhada, refletiu diretamente na quantidade de matéria orgânica no solo. Os autores observaram que, para os valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis, saturação por bases e CTC efetiva, a vegetação espontânea foi eficiente, apresentando valores superiores em comparação às plantas de coberturas adotadas; no entanto, estas últimas obtiveram teor maior de fósforo e matéria orgânica.

Ainda sobre a vegetação espontânea, observa-se menor produção de fitomassa do que aquela proveniente das leguminosas, como também o acúmulo de nitrogênio na parte aérea é menor (Aita *et al.*, 2001; Perin *et al.*, 2004).

3.3. Milho

O milho (*Zea mays* L.) está entre as espécies vegetais mais cultivadas no mundo. De acordo com Oliveira *et al.* (2015), o Brasil é o terceiro maior produtor da gramínea, destacando-se o cultivo sob o sistema de plantio direto, o que ajuda a contornar problemas de limitação hídrica. Dados do oitavo levantamento da Conab (2018) para a safra de 2017/2018 informam que o milho é cultivado em cerca de 27% da área agrícola brasileira e que a produção desse grão corresponde a aproximadamente 89 milhões de toneladas, somando primeira e segunda safras.

Vários estudos têm avaliado a produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura (Carvalho *et al.*, 2015; Lázaro *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2006; Torres *et al.*, 2014). Essa cultura exige elevada fertilidade do solo. Logo, o uso de plantas de cobertura na superfície do solo tem grande importância, contribuindo com a redução de perda dos nutrientes, como nitrogênio, potássio e fósforo (Oliveira *et al.*, 2015). Esses estão entre os nutrientes requeridos em maior quantidade por essa

cultura, além de Ca e Mg; já sua demanda por micronutrientes essenciais é pequena, mas a deficiência dos mesmos pode causar problemas metabólicos, diminuindo a produtividade (Coelho, 2013).

Carvalho *et al.* (2015), avaliando o efeito de plantas de cobertura na produtividade do milho, observaram que, na floração, o teor e o conteúdo de N foram maiores que na maturação fisiológica, embora algumas das diferenças não tenham sido significativas. No entanto, não houve efeito da época de corte na produtividade de grãos. As plantas deste estudo estão entre as avaliadas por esses autores, incluindo a vegetação espontânea. A espécie com o maior teor de N nos resíduos foi o nabo-forrageiro, assim como a de decomposição mais rápida, juntamente ao milheto. Os autores concluíram que a produtividade é influenciada pela planta de cobertura, tendo *U. ruziziensis* e *C. juncea* exercido efeito positivo.

3.4. Plantas de cobertura utilizadas

O uso de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) em sistemas de produção é considerado vantajoso porque, além de manter o solo coberto e ser utilizado para alimentação animal como forragem, proporciona nutrientes às culturas em sucessão (Vilela *et al.*, 2011).

U. ruziziensis possui baixa concentração de lignina nos tecidos, o que acelera a sua decomposição e favorece a ciclagem de nutrientes (Carvalho *et al.*, 2011). Os autores observaram que a braquiária aumentou a produtividade do milho; por outro lado, outros estudos não mostraram diferenças significativas na produtividade de grãos em sucessão a essa espécie (Bettiol *et al.*, 2015; Machado & Assis, 2010; Pacheco *et al.*, 2013). Contudo, é preciso considerar o período de avaliação de experimentos que relacionam produtividade de grãos em sucessão a plantas de cobertura (Machado & Assis, 2010).

A velocidade da decomposição dos resíduos vegetais está relacionada a diversos fatores, dentre eles a relação C:N e o teor de lignina que a planta possui, além do clima. A lignina é uma macromolécula tridimensional amorfa que faz parte da composição química dos tecidos vegetais, ligada à celulose e tem função de atribuir às plantas maior resistência à decomposição (Carvalho *et al.*, 2010). Em trabalho realizado por esses autores, foram observados maiores teores de lignina na mucuna-preta, seguida da crotalária e do nabo forrageiro. Enquanto que os menores teores foram obtidos pela braquiária, trigo e vegetação espontânea.

De acordo com Torres *et al.* (2014), comparativamente, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais é mais acelerada nas regiões tropicais do que no

clima temperado. Essa taxa determina o tempo de permanência dos resíduos sob o solo. Algumas gramíneas têm alta relação C:N e alto teor de lignina, portanto, a sua decomposição acontece de forma mais lenta (Brito, 2016), mantendo a cobertura do solo por mais tempo e a proporção de N comparada à quantidade de carbono é menor (Alvarenga *et al.*, 2001).

A *U. ruziziensis* tem um período de crescimento contínuo na estação seca e, por essa razão, seu uso é mais proveitoso como cobertura do solo (Machado e Assis, 2010).

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta anual, pertencente à família das gramíneas, e está entre os cereais mais cultivados, assim como o milho e o arroz. O cultivo do trigo se dá, preferencialmente, para o consumo humano (Pallarés *et al.*, 2007). Esse cereal ainda é pouco utilizado como planta de cobertura. De acordo com Carvalho *et al.* (2015), essa planta possui baixos teores de lignina, no entanto, seu acúmulo de N não é significativo, tanto no período da floração como na maturação.

A crotalária (*Crotalaria juncea*) é uma espécie originária da Índia (Mateus & Wutke, 2006), e seu uso como cobertura vegetal pode proporcionar bom crescimento radicular e desenvolvimento da cultura em sucessão (Leal *et al.*, 2005). Outra vantagem dessa espécie é sua capacidade de controlar a proliferação de nematoides formadores de galhas (Wutke *et al.*, 2007).

Algumas leguminosas, por possuírem relação C:N baixa, apresentam decomposição rápida, contribuem para a fácil disponibilidade dos nutrientes para o solo. Segundo Wutke *et al.* (2007), a crotalária produz cerca de 10 a 15 t/ha de fitomassa seca, o que equivale a 41 kg/ha de P₂O₅ e 217 kg/ha de K₂O, e fixa N em torno de 150 a 165 kg/ha/ano, sendo que do total de N fixado, 60% permanecem no solo.

A eficiência dessa leguminosa na fixação biológica do nitrogênio atmosférico pode promover o crescimento significativo de raízes e da parte vegetativa de culturas comerciais. Além disso, Leal *et al.* (2005) concluíram que o uso dessa planta de cobertura proporcionou maior lucro para o produtor de milho, sendo economicamente viável seu uso como cultura antecessora.

A mucuna-preta (*mucuna aterrima*) é uma leguminosa muito utilizada em consórcios e rotação com culturas anuais por vários aspectos, dentre os quais: tolerância ao alumínio presente nos solos, capacidade de produção de massa seca de até 6 a 9 t/ha, fixação de nitrogênio de 120 a 157 kg/ha/ano (Wutke *et al.*, 2007). Outras vantagens de usá-la como planta de cobertura são o desenvolvimento em locais com baixa disponibilidade de água, a tolerância ao sombreamento e às altas temperaturas, além da possibilidade de se cultivar durante o período chuvoso até a

época de seca, na região do Cerrado, sem alterar a produção de fitomassa (Carvalho & Amabile, 2006).

Em relação à incorporação da mucuna-preta e da crotalária ao solo, cerca de 60% do nitrogênio encontrado na planta vão para o solo, 30% são absorvidos e utilizados pelas plantas cultivadas posteriormente, favorecendo assim o aumento na produção dessas culturas, e 10% são perdidos através do sistema solo-planta (Wutke *et al.*, 2007). Além disso, a mucuna-preta proporciona maiores estoques de C e N no solo (Amado *et al.*, 2001). A mucuna-preta produz boa cobertura de solo (Carvalho *et al.*, 2015; Favero *et al.*, 2001) e dificulta o desenvolvimento de plantas invasoras (Favero *et al.*, 2001). Carvalho *et al.* (2015) também asseguram que o fornecimento de matéria seca dessa planta de cobertura é significativamente maior no período da floração comparado à braquiária, crotalária, nabo forrageiro, trigo e vegetação espontânea. Porém, mesmo com a capacidade de acumular boa quantidade de N, algumas leguminosas apresentam alto teor de lignina em sua composição, promovendo liberação lenta dos nutrientes ao solo.

O nabo forrageiro (*R. sativus*) é uma crucífera, anual, herbácea, possui raízes profundas e produz de 2 a 6 t/ha de fitomassa seca (Wutke *et al.*, 2007), porém, a sua palhada não é a mais persistente no solo entre as brassicáceas utilizadas como cobertura (Müller *et al.*, 2001).

Müller *et al.* (2001) avaliaram o crescimento radicular e aéreo de alguns adubos verdes de inverno, entre eles, o nabo forrageiro, submetidos à condições de solo compactado, e concluíram que o nabo foi uma das espécies estudadas com melhor distribuição e comprimento de raízes e capacidade de descompactação do solo, além de resultar em maior acúmulo de matéria seca, comparada com as outras espécies avaliadas. Desta forma, houve aumento na porosidade do solo, o que favorece o sistema radicular das culturas que podem ser utilizadas em subsequência.

No Brasil, é muito comum a prática de deixar o solo coberto com vegetação espontânea antes do cultivo das plantas comerciais (Amado *et al.*, 2001). As plantas de coberturas têm várias funções e características importantes já citadas neste trabalho, e o uso delas pode, ainda, contribuir no favorecimento de espécies espontâneas que possuam alto potencial de ciclagem de nutrientes e produção de matéria seca (Favero *et al.*, 2001).

Como em outras espécies, a persistência da vegetação espontânea como cobertura do solo depende da velocidade de sua decomposição e esta tem influência direta no teor de matéria orgânica do solo; além disso, elas podem alterar as propriedades químicas do solo, por exemplo, a CTC efetiva e o pH (Correia & Durigan, 2008).

Em experimento sobre as contribuições da vegetação espontânea nas propriedades físico-químicas de latossolo e na nutrição do cafeeiro, Carmo *et al.* (2011) verificaram maior concentração dos nutrientes nas folhas do cafeeiro e melhoria nas condições químicas e físicas do solo sob vegetação espontânea, gerando maiores valores de pH, saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Os autores concluíram, também, que em solos sem a presença de plantas espontâneas ocorrem maiores danos às suas propriedades físicas.

3.5. Nutrientes do solo

A matéria orgânica representa um componente fundamental para a fertilidade do solo (Troeh e Thompson, 2006), no que diz respeito à ciclagem e retenção de nutrientes e na agregação do solo (Roscoe *et al.*, 2006), proporcionando melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas, como, por exemplo, armazenamento de água, suprimento de nutrientes e aumento da atividade dos micro-organismos do solo, aumentando a sua CTC (Figueiredo *et al.*, 2008). A CTC é a capacidade que o solo possui em reter cátions trocáveis, como o cálcio, magnésio e potássio (Raij, 1991). Na matéria orgânica, 5% da sua composição é representada pelo nitrogênio, no entanto, não está prontamente disponível para as culturas, uma vez que está na forma de compostos orgânicos (Lopes, 1998).

Assim, a CTC do solo representa a soma das cargas negativas que estão presentes nas frações argilas e matéria orgânica, e estas podem atrair os cátions com cargas positivas (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ e NH_4^+); desta forma, solos que sofreram alta intemperização e que apresentam baixos teores de matéria orgânica possuem baixa capacidade de troca de cátions (Lopes, 1998). A soma de bases trocáveis que o solo apresenta significa a soma de Ca, Mg e K, o que indica a quantidade de cargas negativas coloidais preenchidas pelas bases, e é através deste somatório que se calcula o percentual de saturação por alumínio e por bases (Lopes, 1998; Ronquim, 2010).

A estrutura do solo está relacionada à boa estabilidade dos agregados, e esta, por sua vez, tem relação com o teor de carbono orgânico presente no solo, e assim, os macroagregados proporcionam melhor desenvolvimento radicular e aeração do solo (Salton *et al.*, 2008).

3.5.1. Nitrogênio (N)

O nitrogênio é essencial ao desenvolvimento das plantas e é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas, e sua principal fonte é a matéria orgânica do solo (Gonçalves *et al.*, 2000; Weber & Mielniczuk, 2009; Troeh & Thomson, 2006). Com a decomposição dos resíduos vegetais, a atividade microbiana aumenta e, dependendo da relação C:N da matéria decomposta, o nitrogênio será rapidamente mineralizado ou parte deste será imobilizada pelos micro-organismos (Troeh & Thompson, 2006). Assim, o tipo de cobertura vegetal influencia a disponibilidade desse nutriente para a cultura em sucessão.

A presença do nitrogênio no solo não significa que o nutriente esteja totalmente disponível para as plantas, pois, grande parte dessa reserva está na forma orgânica, e é necessário que ocorra a sua mineralização pelos micro-organismos do solo para que o nutriente seja liberado (Amado *et al.*, 2002). A proporção de nitrogênio orgânico total presente no solo é em torno de 97-98%, e a de nitrogênio inorgânico (mineral) é de 2-3% (Lopes, 1998).

Quanto menor for a relação C:N dos resíduos vegetais, mais rápido será o processo de mineralização (Troeh & Thompson, 2006). O N pode ser imobilizado, e esse processo ocorre quando a relação C:N é maior; assim, o N inorgânico é convertido em N orgânico, à medida que os micro-organismos utilizam os íons amônio e nitrato para a síntese de proteína do seu próprio organismo, e então, torna-se indisponível para os vegetais (Lopes, 1998; Troeh e Thompson, 2006).

No solo, quando mineralizado, o nitrogênio torna-se disponível para os vegetais nas formas de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-) (Van Raij, 1983; Lopes, 1998). Pode, ainda, ser perdido por lixiviação, volatilização ou ser imobilizado (Ambrosano *et al.*, 1997). A atividade microbiana gera o NH_4^+ , pelo processo denominado amonificação, e esse íon é oxidado a nitrito (NO_2^-), pela ação das bactérias nitrificantes *Nitrosomonas* sp. As bactérias *Nitrobacter* sp., por sua vez, agem oxidando o nitrito a nitrato NO_3^-) (Troeh & Thompson, 2006; Lopes, 1998).

A carência de nitrogênio na solo causa amarelecimento nas folhas (Viéguas *et al.*, 2004; Prado & Leal, 2006; Troeh & Thompson, 2006), impossibilita a produção de proteínas e, por isso, o crescimento das plantas é comprometido, tanto na parte aérea como no sistema radicular. Desta forma, com as raízes afetadas, há dificuldade de absorção dos outros nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Além disso, o excesso de nitrogênio também pode ser prejudicial para o desenvolvimento e a produtividade das culturas (Troeh & Thompson, 2006).

A MOS pode ser separada e definida conforme o tamanho de suas partículas, sendo a fração particulada ($> 53 \mu\text{m}$) e a fração associada aos minerais ($< 53 \mu\text{m}$) (Rossi *et al.*, 2012). Essa fração particulada é importante por ser lábil e contribui com a reciclagem dos nutrientes (Bayer *et al.*, 2002), entretanto, essas formas particuladas, tanto de C como de N, são consideradas mais sensíveis aos diferentes manejos do solo, quando comparado ao estoque de carbono orgânico total (Bayer *et al.*, 2002; Bayer *et al.*, 2004; Conceição *et al.*, 2005; Winck *et al.*, 2014).

A fração particulada da matéria orgânica concentra-se na superfície do solo, desta forma, devido à reserva dos nutrientes desta fração, a facilidade de absorção é maior (Conceição *et al.*, 2005).

Conceição *et al.* (2005) constataram que o fracionamento da MOS apresentou maior teor de N particulado do que N associado aos minerais, sendo este último o N adsorvido pelos minerais do solo. Possui característica de baixa decomposição e, conseqüentemente, menor ciclagem de nutriente (Bayer *et al.*, 2004).

Bayer *et al.* (2004) verificaram que, comparado ao sistema convencional, o plantio direto proporciona maior estoque de carbono orgânico, e que essa reserva acontece principalmente na fração particulada da matéria orgânica.

3.5.2. Fósforo (P)

O fósforo é um nutriente de importância vital para as plantas, pois participa da fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, entre outros processos, além de contribuir com o desenvolvimento radicular (Lopes, 1998). A sua deficiência causa baixo desenvolvimento das plantas, e em suas folhas mais velhas ocorre necrose, devido à morte dos tecidos (Viégas *et al.*, 2004). Esse nutriente tem baixa mobilidade (Raij, 1983; Pereira, 2009) e, na solução do solo, ocorre nas formas de íons ortofosfato, derivados do ácido ortofosfórico (H_3PO_4) (Raij 1983; Raij, 2011), forma absorvível pelas plantas (Lopes, 1998).

O P do solo pode ser classificado em P inorgânico, quando associado a outros elementos e forma complexos minerais, e em P orgânico, quando forma compostos orgânicos (Brasil *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2008; Suñer & Galantini, 2013). A estabilidade dos fosfatos definirá sua caracterização como fosfatos lábeis, moderadamente lábeis ou não-lábeis (Santos *et al.*, 2008; Brasil *et al.*, 2014). Os fosfatos lábeis correspondem às formas disponíveis às plantas e aos micro-organismos em curto ou médio prazo (Suñer & Galantini, 2013).

No solo, as formas inorgânicas e orgânicas do fósforo encontram-se em equilíbrio dinâmico (Suñer & Galantini, 2013). O mineral apatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$ fornece a forma inorgânica desse nutriente, e sua forma orgânica está presente na matéria orgânica (Troeh & Thompson, 2006). Quando ocorre a desintegração da apatita, o fósforo é liberado no solo em várias formas, inclusive em íons ortofosfatos (Lopes, 1998), tornando-se disponível em baixas quantidades (Raij, 1939; Lopes, 1998; Troeh & Thompson, 2006).

Machado *et al.* (2011) observaram que o alto teor de argila no solo aumenta a adsorção de P, e essa facilidade em ser adsorvido aos colóides do solo favorece a formação do P não-lábil e, conseqüentemente, reduz a disponibilidade desse nutriente. O P se liga fortemente aos minerais de argila (Pereira, 2009), além de ter afinidade com os óxidos de ferro, alumínio e cálcio (Lopes, 1998; Pereira, 2009); assim, forma compostos que dificultam a sua mobilidade até as raízes das plantas.

A maior parte do fósforo do solo não está diretamente disponível para as plantas (Suñer & Galantini, 2013). Um fator importante para a absorção de P pelas plantas é o pH, pois, se em determinado solo o pH for baixo (ácido), ocorre a liberação de Al^{3+} e Fe^{3+} ocasionada pela quebra dos minerais de argila e, assim, há a fixação do fósforo por esses compostos insolúveis (Lopes, 1998).

A característica de baixa solubilidade dos fosfatos é fator limitante (Raij, 1939; Troeh & Thompson, 2006), pois, ao ser dissolvido e fazer parte da solução do solo, pode ser adsorvido pelos colóides e ser transformado em P lábil, e aos poucos passar para a forma não-lábil, dificultando a absorção pelas raízes das plantas (Santos *et al.*, 2008). No entanto, estas formas podem retornar às frações lábeis dependendo das condições em que o solo se encontra (Raij, 1939).

3.5.3. Potássio (K)

O potássio é um dos nutrientes requeridos em maiores quantidades pelas plantas (Kinpara, 2003; Troeh & Thompson, 2006), sendo que a absorção ocorre na forma iônica K^+ (Raij, 1939; Lopes, 1998; Troeh & Thompson, 2006). A sua deficiência pode afetar o crescimento vegetal e desenvolvimento do sistema radicular (Lopes, 1998). Alguns minerais de feldspato e micas são compostos por esse nutriente (Raij, 1991; Troeh & Thompson, 2006), o qual pode ser encontrado no solo em várias formas: K mineral, K não trocável, K trocável e K na solução (Raij, 1939; Raij 1991).

De acordo com Troeh & Thompson (2006), em torno de 99% do total de potássio no solo equivale ao K não-trocável, e 1% desse total é o K trocável, enquanto que apenas cerca de 0,01% corresponde ao K na solução. Segundo os mesmos

autores, o K trocável não consegue alcançar as raízes das plantas, a menos que ocorra uma substituição de cátions.

À medida que ocorre a intemperização dos minerais, ocorre a liberação do potássio, entretanto, esse processo é lento, o que pode levar à indisponibilidade do nutriente. Em solos menos intemperizados, a quantidade de potássio é maior, quando comparados a solos que sofreram mais intemperização (Lopes, 1998).

3.5.4. Soma de bases e acidez potencial

O Ca e o Mg são cátions essenciais ao desenvolvimento das plantas e fazem parte da CTC; solos que apresentam teores significativos destes nutrientes, são considerados capazes de nutrir bem as plantas, eles, ainda, fazem parte da soma de bases trocáveis (Ca+Mg+K) (Ronquim, 2010). Conforme as bases se deslocam após serem removidas, pode haver a substituição por hidrogênio promovendo a acidez do solo (Lopes, 1998). Portanto, esses solos ácidos são representados por grandes quantidades de íons H^+ e baixos teores de Ca^{2+} , Mg^{+2} e K^+ (Ronquim, 2010).

A acidez potencial do solo compromete o desenvolvimento das plantas. Ela corresponde à soma da acidez trocável (representada pelo Al^{+3} trocável) e da acidez não trocável (referente ao H^+ trocável do solo). Os íons da acidez trocável estão retidos na superfície dos colóides, já a acidez não trocável encontra-se ligada aos colóides de carga negativa (Lopes *et al.*, 1991).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, em 2017 e 2018. As coordenadas da área experimental são 15°39'84" (latitude Sul) e 47°44'41" (longitude Oeste), com altitude aproximada de 1014 m. O solo da área experimental deste trabalho é classificado como Latossolo Vermelho A moderado, textura argilosa, fase Cerrado, relevo plano (Santos *et al.*, 2013).

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados com 6 tratamentos e 3 repetições, totalizando 18 parcelas. Na segunda quinzena de abril de 2017, as seguintes plantas de cobertura foram semeadas: braquiária (*Urochloa ruziziensis*), trigo (*Triticum aestivum*), crotalária (*Crotalaria juncea*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) e a vegetação espontânea utilizada como testemunha. Em novembro de 2017, foi plantada a cultura do milho.

O corte das plantas de cobertura foi realizado em épocas diferentes, de acordo com o período de floração de cada espécie e estas foram mantidas na superfície do solo.

As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 cm, com três amostras simples, formando uma composta. As coletas foram realizadas em duas épocas: a primeira no período de floração das plantas de cobertura (julho de 2017) e a segunda na floração da cultura do milho (fevereiro de 2018).

Para a análise do nitrogênio foram utilizadas as amostras das coletas das duas épocas (2017 e 2018). Para a análise da fertilidade do solo, utilizou-se amostras da primeira coleta.

4.2. Variáveis Analisadas

Antes da análise de fertilidade do solo e das frações de nitrogênio, o solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm.

4.2.1. Fertilidade do solo

Foram determinados: acidez potencial, acidez ativa, alumínio, cálcio e magnésio, fósforo e potássio, e usada peneira de 0,5 mm para a análise da matéria orgânica. O Manual de Fertilidade do Solo da Embrapa (1997) foi utilizado para as

análises nos laboratórios de microbiologia do solo e química do solo, localizados na UnB.

4.2.1.1. Acidez ativa (pH)

A acidez ativa, ou pH do solo, significa a concentração hidrogeniônica, e para fazer essa medição é utilizada uma escala com amplitude de 0 a 14, que indica a presença do alumínio trocável (Sobral *et al.* 2007). Para esta análise, foi utilizado um volume de 10 cm³ de solo, que foi transferido para tubo tipo falcon de 50 mL, que continha 25 mL de água destilada. A solução foi agitada por 15 minutos e, posteriormente, foi mantida em repouso durante 1 hora. Os reagentes utilizados durante essa análise foram: solução tampão pH 7,0: KH₂PO₄ 0,025 mol/L e Na₂HPO₄ 0,025 mol/L, e solução tampão pH 4,0: KHC₈H₄O₄ 0,05 mol/L. Para fazer a leitura dos valores do pH das amostras, usou-se o pHmetro.

4.2.1.2. Acidez potencial (H + Al³⁺)

Na análise da acidez potencial, 3 reagentes foram utilizados: a solução extratora (CH₃COO)₂Ca.H₂O 0,5 mol/L (1 N) com pH= 7,0, fenolftaleína 1% e solução NaOH 0,025 mol/L. Foi medido 5 cm³ de cada amostra, e em seguida colocada em um erlenmeyer de 250 mL para adicionar 75 mL da solução extratora. Após o preparo dessa solução com as amostras, agitou-se por 15 minutos para, em seguida, ficar em repouso por uma noite. Depois desse período, 25 mL do sobrenadante foi utilizado para fazer a titulação com NaOH 0,025 mol/L, e adicionadas 3 gotas da fenolftaleína como indicador, para obter a viragem do incolor para o róseo persistente, e assim, com o volume gasto determinou a acidez potencial, que é expressa na unidade cmolc/dm³.

4.2.1.3. Alumínio (Al³⁺)

Os reagentes utilizados na determinação do alumínio (Al³⁺) foram: solução extratora KCl 1 mol/L (pH = 5,5) e azul de bromotimol 0,1%, este como indicador para a titulação. Para iniciar o procedimento, foram retirados 10 cm³ de solo (TFSA), transferidos para erlenmeyer de 50 mL e adicionados 100 mL da solução extratora. Em seguida, as amostras foram agitadas por 15 minutos e ficaram em repouso por uma noite. Após esse tempo de repouso, 25 mL do sobrenadante foi coletado e em seguida transferido para um béquer de 100 mL. Para iniciar a titulação com NaOH 0,025 mol/L

foram adicionadas 3 gotas do indicador para obter a viragem do amarelo para a coloração azul.

4.2.1.4. Ca+Mg trocáveis

Para fazer a extração de Ca+Mg, foi utilizada uma solução extratora de KCl, na qual ocorre uma troca catiônica entre o K do KCl e o Ca e Mg adsorvidos nas cargas negativas do solo (Sobral *et al.*, 2007). Outros reagentes utilizados foram: EDTA Dissódico para fazer a titulação e obter a viragem de vermelho para azul, solução de bórax + metanol, negro de eriocromo T 0,2%, solução tampão 10%, solução de KCN, “Coquetel” pH 10,0 e solução de ácido ascórbico 3%. Da solução que foi usada para realizar a análise do alumínio (Al^{3+}), foram retirados 25 mL e adicionados 4 mL do coquetel pH 10. Em seguida, colocado 1,0 mL do ácido ascórbico (3%) e 3 gotas do indicador negro de ericromo T (0.2%).

4.2.1.5. Fósforo (P) e potássio (K^+)

Para iniciar a determinação do fósforo (P) e potássio(K), retirou-se 5 cm³ de cada amostra para transferir para erlenmeyer de 125 mL, no qual foi adicionado 50 mL da solução extratora (Mehlich I). Em seguida, as amostras foram agitadas por 15 minutos e ficaram em repouso por uma noite. Após o repouso, transferiu-se 25 mL da solução de cada amostra para um becker, para realizar a análise do potássio. Dessa mesma solução, foi necessário pipetar 5 mL e passar esse volume para outro becker, para a determinação do fósforo. Na análise do potássio, a leitura é realizada por fotometria de chama, e a curva padrão é feita com a solução de Mehlich I. Para a análise de fósforo, foram adicionados 10 mL da solução reagente diluída, tendo como reagente redutor ácido ascórbico (1 mL). A solução foi agitada por 1 hora e, posteriormente, realizada a leitura em espectrofotômetro a 660 nm.

4.2.2. Nitrogênio disponível

Para a análise do nitrogênio disponível, foi utilizado o método determinado por Cambardella & Elliott (1992). Essa análise foi realizada em duplicata e com uso do destilador de nitrogênio. O princípio desse método é o de colorimetria, o qual é realizada a destilação da amostra para poder quantificar o nitrogênio. Para a curva padrão do N disponível, preparou-se uma solução estoque de 4,7170 g de $(NH_4)_2SO_4$ em 1 L de água destilada, para compor as seguintes soluções: 15 g de N.mL⁻¹, 30 g

de N.mL^{-1} , 45 g de N.mL^{-1} e 60 g de N.mL^{-1} . Iniciou-se o procedimento pesando 0,2 g de cada amostra e transferiu essas amostras para tubos de ensaio contendo 0,2 g de óxido de magnésio (MgO) e 0,1 de Liga de Devarda. Foram adicionados 25 mL da solução tampão pH 11,2 no destilador e 10-15 gotas de dimeticona para evitar muita espuma durante o processo de destilação. O destilado de cada amostra foi recolhido em erlenmeyer de 50 mL com 10 mL de HCl 0,05N, do qual coletou o volume de 35 mL. Após a destilação, 1 mL do reagente Nessler foi adicionado, o qual detecta a presença do nitrogênio formando um precipitado de coloração amarela (após 15 a 30 minutos de espera da reação). Para a quantificação do N, 3 a 4 mL da solução foi colocado nas cubetas do espectrofotômetro a 440 nm. Assim, foi realizada a leitura da quantificação do N.

4.2.3. Nitrogênio total e particulado

A análise do nitrogênio total foi realizada pelo método de Kjeldahl de acordo com Bremner & Mulvaney (1982). O princípio desse método é o de destilação e titulação das amostras. Para a quantificação do N particulado, realizou-se a mesma metodologia do N total. No entanto, o N particulado faz-se em duplicata, diferente do N total. Para essa análise, foi realizada a extração do solo em uma peneira de 53 μm com o auxílio de jato de água. O N particulado é o que fica associado à fração areia do solo, o qual ficou retido na peneira e foi seco em estufa a 60°C , macerado, pesado e analisado. Para o cálculo do N associado aos minerais, subtraiu-se o N total do solo do N particulado.

O preparo da solução estoque para a curva padrão foi de 100 ppm de N e 0,4719 g de $\text{NH}_4\text{SO}_4/1000$ mL. Foi pesado 0,2 g de solo (TFSA) e transferido essa massa para tubos, contendo 3 mL de ácido sulfúrico concentrado e 0,8 g de mistura catalítica (preparada com 20 g de sulfato de potássio e 2 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). As amostras foram colocadas em um bloco digestor a 335°C por 45 min. Depois de esfriar por alguns minutos, adicionou-se 1 mL de peróxido de hidrogênio (água oxigenada), e aguardou-se aproximadamente 1 hora até o extrato ficar verde claro, para proceder-se a adição 10 mL de água destilada. O processo de destilação foi realizado com 20 mL de NaOH (50%) e o destilado coletado em um erlenmeyer foi de mais ou menos 30 mL, contendo 10 mL de ácido bórico a 2%. A titulação do destilado recolhido no erlenmeyer foi feita com ácido sulfúrico 0,003N (3 mL de ácido sulfúrico 1N diluído em 1000 mL de água destilada), e a quantidade de mL gasto na titulação é igual a concentração de nitrogênio.

4.2.4. Matéria orgânica - Método de Walkley Black

Por meio desse método, determinou-se a porcentagem de matéria orgânica total do solo. O padrão primário para avaliação nesse experimento é a solução de dicromato de potássio. Para o cálculo, mede-se o volume de sulfato ferroso gasto na titulação da amostra e o gasto na titulação do branco.

Para essa análise, utilizou-se 0,5 g do solo que passou pela peneira de 0,5 mm, e em seguida foi transferido para erlenmeyer de 500 mL; foram adicionados 10mL de dicromato de potássio a essa solução, e realizada a agitação por alguns minutos. Posteriormente, 10 mL de ácido sulfúrico foram acrescentados para agitar a solução novamente e deixar descansar por 30 minutos. Após o repouso, acrescentou-se 200 mL de água destilada, 20 mL de ácido fosfórico e 1 mL de difenilamina 0,16% (indicador). Para realizar a titulação, foi utilizado o sulfato ferroso amoniacal até a viragem para a cor verde. Solos muito ricos em matéria orgânica deixam a solução verde, assim que é adicionado o ácido sulfúrico. Desse modo, quanto mais volume de sulfato ferroso amoniacal é gasto na titulação, menor é o teor de matéria orgânica na amostra. Portanto, o cálculo é o seguinte:

$$M.O. total = 10x \left(1 - \frac{A}{B}\right) x 1,34 (\text{para } 0,05g \text{ de TFSA}), \text{ onde:}$$

M.O.= Matéria orgânica total (difere da matéria orgânica facilmente oxidável);

A = Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

B = Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco.

4.3. Análise estatística

A avaliação do efeito de plantas de cobertura na fertilidade e de frações do nitrogênio do solo sob plantas de cobertura foi submetida a uma análise de variância (ANOVA) e utilizou-se o programa de análise estatística, SISVAR. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, para as variáveis em que foi observado efeito significativo dos tratamentos, considerando o nível de 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS

5.1. Nitrogênio

Em relação ao N total (Tabela 1) e ao N disponível (Tabela 3), não houve diferença entre os tratamentos. Para o N total do solo não houve diferença significativa entre os tratamentos com plantas de cobertura, enquanto que para o N particulado o solo cultivado com *R. sativus* L. apresentou maiores valores nessa fração (0,84 g/Kg⁻¹), quando comparado com *T. aestivum* e *M. aterrima*.

A fração do N particulado em relação ao N total variou entre 35,10% e 68%, e as mesmas tendências foram observadas para o N particulado, ou seja, o solo sob *R. sativus* apresentou maiores valores que o *M. aterrima* e *T. aestivum*. O solo cultivado com as outras plantas de cobertura não apresentou diferença significativa para o N da fração particulada.

Em relação ao N associado aos minerais, o solo sob *M. aterrima* e *T. aestivum* apresentou maiores valores comparados ao tratamento com *R. sativum*. O N particulado e o NAM sob vegetação espontânea foram semelhantes entre as plantas de cobertura do solo.

Tabela 1. Nitrogênio total (NT), N-particulado (NP), % N particulado/N total (NP/NT) e N-associado aos minerais (NAM), em solo cultivado com plantas de cobertura (coleta 1).

Planta de cobertura	NT (g kg ⁻¹)	NP (g kg ⁻¹)	% NP/NT	NAM (g kg ⁻¹)
<i>Mucuna aterrima</i>	1,19a	0,49b	41,29b	0,70a
<i>Crotalaria juncea</i>	1,23a	0,64ab	52,29ab	0,58ab
<i>Urochloa ruziziensis</i>	1,29a	0,68ab	53,06ab	0,60ab
<i>Triticum aestivum</i>	1,19a	0,43b	35,40b	0,76a
<i>Raphanus sativus</i>	1,23a	0,84a	68,58a	0,38b
Vegetação espontânea	1,12a	0,65ab	57,68ab	0,47ab

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Houve diferença significativa em relação ao N total no solo cultivado com milho em sucessão às diferentes plantas de cobertura (Tabela 2). Os solos com resíduos de mucuna-preta e braquiária apresentaram o maior conteúdo de N total, com valores entre 1.31 g/Kg⁻¹ e 1.30 g/Kg⁻¹, respectivamente. Por outro lado, os tratamentos do milho em sucessão ao trigo e à vegetação espontânea apresentaram os menores valores de N total. Não houve diferença no N total do solo, quando cultivado com as outras plantas de cobertura anteriormente ao milho.

Quanto ao N particulado, associado à fração leve, o solo cultivado anteriormente com *C. juncea* (0,68 g/Kg⁻¹) diferiu daquele sob vegetação espontânea (0,35 g/Kg⁻¹) e foi semelhante entre as outras plantas de cobertura. A fração do N particulado em relação ao N total do solo foi maior nos tratamentos com cultivo anterior ao milho de *C. juncea*, que diferiu significativamente da *M. aterrima*, *U. ruzizensis* e vegetação espontânea.

Quanto ao N associado aos minerais (NAM), as amostras de solo cultivadas anteriormente com mucuna-preta e a braquiária apresentaram o maior teor (0,94 g/Kg⁻¹ e 0,86 g/Kg⁻¹), e o menor teor foi do solo com crotalária (0,55 g/Kg⁻¹). Os demais tratamentos, incluindo a vegetação espontânea, não diferiram entre si (Tabela 2).

Tabela 2. Nitrogênio total (NT), N-particulado (NP), % N particulado/N total (NT/NP) e N-associado aos minerais (NAM), em solo cultivado com milho em sucessão às plantas de cobertura (coleta 2).

Planta de cobertura	NT (g kg ⁻¹)	NP (g kg ⁻¹)	% NP/NT	NAM (g kg ⁻¹)
<i>Mucuna aterrima</i>	1,31a	0,43ab	32,45b	0,94a
<i>Crotalaria juncea</i>	1,23ab	0,68a	55,47a	0,55b
<i>Urochloa ruzizensis</i>	1,30a	0,43ab	33,19b	0,86a
<i>Triticum aestivum</i>	1,15b	0,39ab	34,46ab	0,75ab
<i>Raphanus sativus</i>	1,25ab	0,57ab	45,89ab	0,67ab
Vegetação espontânea	1,10b	0,35b	31,76b	0,75ab

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Não houve diferença entre as amostras quanto ao teor de N disponível. A parcela com crotalaria teve a maior quantidade de N particulado, e a da vegetação espontânea, o menor. Os demais tratamentos não diferiram do maior e do menor teor (Tabela 3).

Tabela 3. Nitrogênio disponível em solo cultivado com plantas de cobertura (ND1), % ND1/N Total e com milho em sucessão às plantas de cobertura (ND2) e % ND1/N Total (coletas 1 e 2).

Planta de cobertura	ND1 (mg N kg ⁻¹)	%ND1/NT	ND2 (mg N kg ⁻¹)	%ND2/NT
<i>Mucuna aterrima</i>	226,17a	19,05a	167,6a	12,64a
<i>Crotalaria juncea</i>	124,16a	10,12a	137,00a	11,06a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	175,55a	13,69a	219,16a	16,81a
<i>Triticum aestivum</i>	160,15a	13,32a	143,14a	12,35a
<i>Raphanus sativus</i>	203,33a	16,46a	153,88a	12,33a
Vegetação espontânea	231,60a	20,62a	152,22a	13,78a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os resultados mostraram que as plantas de cobertura influenciaram a quantidade de N total do solo. A primeira coleta ocorreu quando as plantas de cobertura estavam no período de floração. A segunda coleta foi realizada cerca de 180 dias depois da deposição da palhada das culturas, no período de floração do milho, que havia sido plantado em SPD, sobre a palhada dos seis tratamentos. Os meses posteriores à deposição dos resíduos vegetais foram de seca, com chuvas, em geral, abaixo da média (Figura 1).

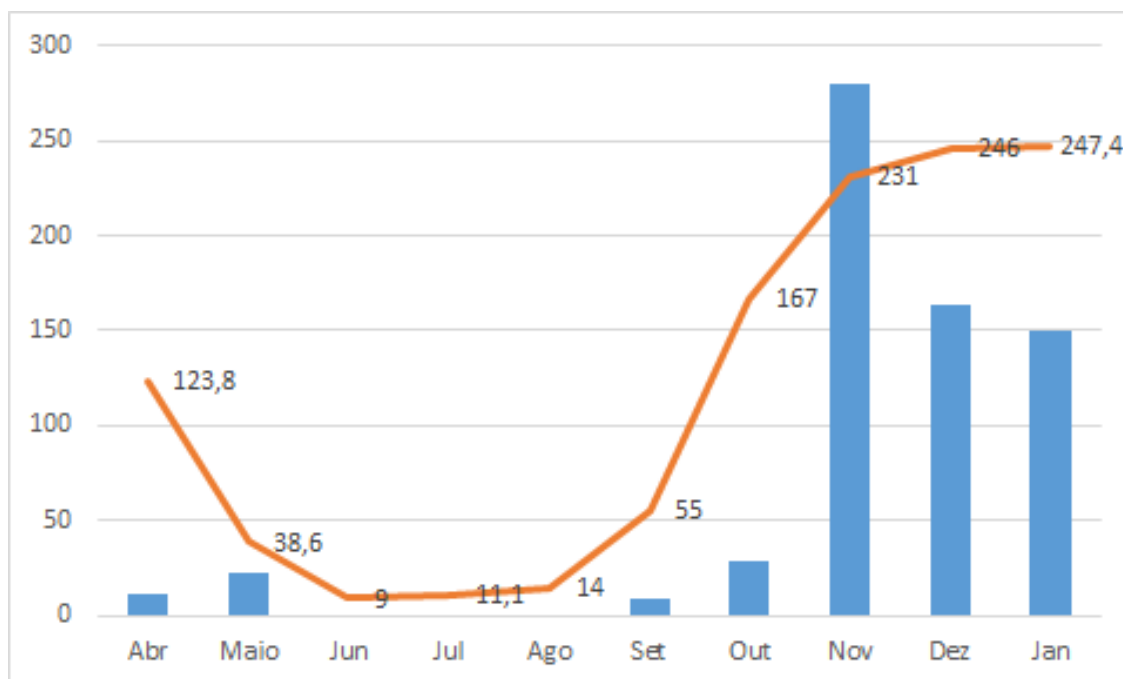


Figura 1- Dados de precipitação (mm) na Estação Embrapa Cerrados, local do experimento, de abril de 2017 a janeiro de 2018. A linha laranja indica os valores da média histórica (1961-1990) em Brasília, para cada mês. Fonte: adaptado de Embrapa Cerrados e Inmet.

5.2. Fertilidade

O valor de pH e o teor de fósforo para os diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa (Tabela 4). Isso pode ter ocorrido devido ao valor do pH do solo ter se mantido ácido, uma vez que a disponibilidade de fósforo depende da faixa de pH do solo. Solos mais ácidos apresentam menores teores de cátions básicos.

Em relação ao teor de Al, os tratamentos não diferiram entre si. A acidez potencial (H+Al) apresentou-se maior no tratamento com o trigo, e menor no solo cultivado com nabo e a mucuna preta. A crotalária diferiu apenas do trigo.

Para os valores de Ca+Mg, o trigo e a braquiária não diferiram entre si, apresentando os menores valores. Já a crotalária e o nabo não diferiram entre si, apresentando os maiores valores. A vegetação espontânea e a mucuna não diferiram dos tratamentos.

O solo com mucuna-preta diferiu do trigo e da braquiária, apresentando o menor valor de K (ppm) entre os tratamentos. Os tratamentos com nabo e crotalária não diferiram entre si. O solo sob braquiária diferiu da mucuna, do nabo e da crotalária, apresentando o maior valor de K (ppm). O solo sob vegetação espontânea

não diferiu de nenhum tratamento. O trigo diferiu apenas da mucuna, apresentando maior valor de K (ppm).

Os tratamentos com trigo, braquiária e vegetação espontânea diferiram daqueles com nabo, crotalária e mucuna, tendo apresentado menores teores de matéria orgânica. Por meio da determinação da matéria orgânica, consegue-se avaliar o potencial de mineralização do N, além de possibilitar estimar as características físico-químicas do solo (Sobral *et al.*, 2007).

O trigo, a braquiária e a vegetação espontânea não diferiram entre si, apresentando menores valores de Ca. Já o nabo, a crotalária e a mucuna não diferiram entre si, apresentando os maiores valores de Ca.

A espécie escolhida e utilizada no sistema de plantio direto vai determinar o teor de nutrientes que ela é capaz de acumular (Boer *et al.*, 2007).

Carmo *et al.* (2011) verificaram que os solos com vegetação espontânea foram mais eficientes em termos de qualidade química do solo, em comparação aos solos que não possuíam vegetação espontânea.

Os maiores valores de matéria orgânica foram encontrados no solo sob *M. aterrima*, *C. juncea* e *R. sativus* (Tabela 4), espécies que produzem quantidade significativa de biomassa vegetal. O *T. aestivum* foi responsável pela menor produção de palha.

Tabela 4. Dados da fertilidade do solo sob plantas de cobertura (coleta 1).

Planta de cobertura	PH	P	K(ppm)	Ca+Mg	MO	K(cmol)	AL	H+AL
Mucuna aterrima	4,72a	21,39a	110,45c	2,48ab	9,43a	0,28c	0,31a	7,7c
Crotalaria juncea	5,20a	8,38a	127,63bc	2,78a	9,43a	0,32bc	0,36a	8,1bc
Urochloa ruziziensis	5,08a	17,03a	308,12a	1,91b	3,84b	0,78a	0,36a	9,6ab
Triticum aestivum	5,17a	20,77a	268,33ab	2,11b	3,76b	0,68ab	0,31a	10,1a
Raphanus sativus	4,99a	16,22a	124,98bc	3,03a	9,43a	0,31bc	0,2a	7,35c
Vegetação espontânea	5,16a	10,91a	238,29abc	2,41ab	3,87b	0,6abc	0,28a	9,35ab

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à soma de bases (SB) (Tabela 5).

A capacidade catiônica (CTC) foi maior no tratamento com o trigo, o qual não diferiu da vegetação espontânea e da braquiária. A crotalaria não diferiu da mucuna e vegetação espontânea, mas diferiu do trigo. O menor valor foi dos tratamentos com mucuna e nabo, apresentando diferença significativa em relação à vegetação espontânea.

Tabela 5. Dados da fertilidade (Soma de Bases e CTC).

Planta de cobertura	SB (cmolc/dm⁻³)	CTC (cmolc/dm⁻³)
<i>Mucuna aterrima</i>	2,77a	10,47c
<i>Crotalaria juncea</i>	3,11a	11,21bc
<i>Urochloa ruziziensis</i>	3,10a	12,70ab
<i>Triticum aestivum</i>	3,20a	13,30a
<i>Raphanus sativus</i>	3,35a	10,70c
Vegetação espontânea	3,43a	12,78ab

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

6. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que as plantas de cobertura exerceram efeito sobre o conteúdo de N total e N particulado do solo. Na primeira coleta, como as plantas não haviam sido depositadas e decompostas, não houve diferença entre os tratamentos e a vegetação espontânea. Porém, com a decomposição da palhada, o conteúdo de nitrogênio do solo foi alterado, o que foi verificado pelos dados da segunda coleta. Nesse caso, em relação ao NAM, apesar de ter havido diferença entre as espécies, não houve diferenças entre essas e a vegetação espontânea (Tabela 2). Quanto ao N total e N particulado, as diferenças entre os tratamentos revelam o efeito significativo de plantas de cobertura no sistema de plantio direto. O N disponível não diferiu entre as parcelas.

Observou-se que o menor teor de N total foi encontrado nas parcelas com resíduos de vegetação espontânea e trigo. Já as parcelas com mucuna e braquiária apresentaram o maior teor de N total, enquanto os solos com crotalária e nabo não tiveram diferença entre os maiores e menores teores. Isso reflete as características das plantas de cobertura, pois, a decomposição e a disponibilização de nutrientes dos resíduos para o solo dependem da natureza da matéria vegetal, que inclui a relação C:N e quantidade de lignina, por exemplo (Carvalho *et al.*, 1996; Troeh & Thompson, 2006), e de outros fatores, como manejo e condições climáticas (Carvalho *et al.*, 1996; Nunes *et al.*, 2011; Torres, 2014).

Dados da literatura mostram que, dentre os tratamentos utilizados, a mucuna-preta apresenta a menor relação C:N, com valores menores que 20 (Ambrosano, 2011; Carvalho *et al.*, 1996). Isso pode explicar o maior teor de N total nas parcelas com resíduos da leguminosa.

A braquiária apresenta valores que variam de baixa a alta relação C:N, próximo de 30 (Carvalho *et al.*, 1996; Torres *et al.*, 2005; Pacheco *et al.*, 2011). No presente estudo, o tratamento com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) assemelhou-se ao da mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) no que diz respeito ao teor de N total do solo sob os resíduos dessas plantas. Torres *et al.* (2005) observaram que metade dos resíduos da braquiária havia se decomposto aos 52 dias, devido a sua baixa relação C:N e a crotalária aos 320 dias tinha se decomposto em 68%. Silva *et al.* (1997) observaram que a taxa de decomposição de leguminosas arbustivas, como *Crotalaria juncea*, foi menor que a *Mucuna aterrima*; e a braquiária (*Urochloa ruziziensis*) apresentou a maior taxa de decomposição. No presente trabalho, os tratamentos com mucuna-preta e braquiária foram semelhantes quanto ao N total do solo, pois, apesar de a mucuna-preta ser leguminosa e acumular mais N, a braquiária tem decomposição mais rápida.

É importante ressaltar que outros fatores, como o teor de lignina na estrutura vegetal, também influenciam a decomposição da matéria orgânica. De acordo com Carvalho *et al.* (2015), *U. ruziziensis* apresenta baixo teor de lignina, o que favorece a liberação de nutrientes, já a mucuna-preta, apesar de acumular mais N por ser leguminosa, apresenta elevada quantidade de lignina, “o que dificulta a sua decomposição para liberação de nutrientes dos seus resíduos vegetais”. Desse modo, ainda que a mucuna-preta supere a braquiária em relação ao acúmulo de nitrogênio, a liberação do nutriente foi semelhante.

As amostras de solo sob resíduos de nabo forrageiro e crotalária (*Crotalaria juncea*) não diferiram no teor de N total, apesar de a relação C:N da crotalária ser menor que a do nabo, como apontado em estudos, que apresentaram para a crotalária valores um pouco acima que o da mucuna-preta, em torno de 20 (Ambrosano, 2011; Carvalho *et al.*, 1996; Torres *et al.*, 2005). Bertin *et al.* (2005) obtiveram o valor de 12,1 para a relação C:N em *Crotalaria juncea*. Carvalho *et al.* (1996) observaram que a relação C:N de *C. juncea* e *Urochloa ruziziensis* foi significativamente maior que a de *Mucuna aterrima*.

As condições climáticas também influenciam a relação C:N. Torres *et al.* (2005) verificaram, no período sem chuvas, valores abaixo de 20 para a braquiária e de 11 para a crotalária; no período de chuvas, as relações aumentaram para 18,1 e 19,6, respectivamente. Sobre o nabo forrageiro, há registros de relações que variam de 20 a 30 (Aita e Giacomini, 2003; Ceretta, 2002; Giacomini *et al.*, 2003; Viola *et al.*, 2013). Além disso, na floração, o nabo-forrageiro decompõe-se mais rapidamente que as outras espécies deste trabalho, conforme verificado por Carvalho *et al.* (2015).

O menor teor de N total encontrado neste estudo foi nos tratamentos de vegetação espontânea e trigo. Heinzman (1985) encontrou relação C:N de 26 a 38 em diferentes partes do trigo. O tratamento com vegetação espontânea geralmente corresponde a uma mistura de plantas espontâneas, como, por exemplo, algumas gramíneas e solanáceas. As relações C:N chegam a valores altos, como 50 (Pacheco *et al.*, 2011). Giacomini *et al.* (2003) encontraram valores acima de 20. Torres *et al.* (2005) verificaram relações que variaram de 9,5 a 25,3. A grande variação pode ser influenciada pela diferença na composição desse grupo. De acordo com esses dados, a alta relação C:N da vegetação espontânea e do trigo pode explicar o menor teor de N total nos solos tratados com essas culturas. Além disso, apesar de a baixa quantidade de lignina do trigo facilitar a decomposição, ele acumula pouco nitrogênio (Carvalho *et al.*, 2015).

A fração particulada do N foi maior no tratamento com crotalária e menor no solo coberto com vegetação espontânea. Isso, aliado ao fato de a mucuna-preta ter

contribuído para o maior teor de N total, confirma a importância das leguminosas como fonte de N. As condições, contudo, não eram as mais favoráveis para a decomposição, uma vez que a maior parte do período entre a cobertura do solo e a segunda coleta foi na estação de seca.

A capacidade de algumas plantas atingirem as camadas mais compactadas do solo com o seu sistema radicular é muito importante por favorecer condições melhores para a estrutura do solo, porém deve-se levar em consideração cada situação, como, por exemplo, as características edafoclimáticas, para, então, recomendar as espécies adequadas para determinada região (Müller *et al.*, 2001).

Lara Cabezas *et al.* (2004) constataram que, na sucessão nabo-milho, houve maior disponibilidade de N, comparada à sucessão milheto-nabo, e, conseqüentemente, a produtividade do milho foi maior quando cultivado em sucessão ao nabo forrageiro, logo, o nabo favoreceu mais a cultura comercial do que o milheto. Ohland *et al.* (2005) afirmam que a capacidade de ciclagem de nutrientes, como N e P, é característica do nabo, sendo assim, é considerada boa alternativa em rotação de culturas.

7. CONCLUSÕES

As plantas de cobertura exerceram efeito sobre o conteúdo de N total e N particulado do solo. Houve alteração nas frações de nitrogênio do solo entre as épocas de coleta.

A *C. juncea* apresentou maior fração do N particulado e maior percentual em relação ao N total do solo nas duas épocas de coleta.

O N disponível do solo não foi afetado pelas plantas de cobertura nas duas épocas de coleta de solo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, nº 1, p. 157-165, 2001. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218347018>>. Acesso em: 8 maio 2018.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, nº 4, p. 601-612, jul./ago. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a04v27n4>. Acesso em: 3 jul. 2018.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, nº 208, p. 25-36, jan./fev. 2001.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, nº 1, p. 189-197, 2001. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218347021>>. Acesso em: 3 jul 2018.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, nº 1, p. 241-248, mar. 2002. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000100025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 4 jul. 2018.

AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; DIAS, F. L. F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; SACHS, R. C. C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v. 70, nº 4, p. 810-818, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052011000400012. Acesso em: 4 jul. 2018.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária-júncea e mucuna-preta com 15N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, v. 56, nº 1, p. 219-224, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051997000100023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 4 Jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051997000100023>.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, nº 7, p. 677-683, jul. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000700009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Jun 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700009>.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238, nº 01, p. 133-140, 2002. Acesso em: 26 jun 2018.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O.; FREITAS, P. L.; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; JÚNIOR, J. P. O.; OLIVEIRA, R. P.; SANTOS, H. G.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S. **Correção do solo e adubação do sistema de plantio direto nos Cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 20 p. ISSN 1517-2627. Disponível em: <<https://www.ipipotash.org/pdf/countrysp/documentos46.pdf>> Acesso em: 20 maio 2018.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Agronomy, v. 27, nº 3, p. 379-386, jul./set. 2005. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/3030/303026559001/>. Acesso em: 3 jul. 2018.

BETTIOL, J. V. T.; PEDRINHO, A.; MERLOTI, L. F.; BOSSOLANI, J. W.; SÁ, M. E. Plantas de cobertura, utilizando *Urochloaruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. **UNICIÊNCIAS**, v. 19, nº 1, p. 3-10, 2015. Disponível em: <<http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/uniciencias/article/view/3148/2903>>. Acesso em: 25 jun. 2018

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas Consorciados de Aveia Preta e Ervilhaca Comum Como Cobertura de Solo e Seus Efeitos na Cultura do Milho em Sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, nº 4, p. 897-903, 2000. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218338021>>. Acesso em: 25 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Diário Oficial da União**. Seção 1, nº 138, Brasília, DF, 19 de julho de 2000. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=45&data=19/07/2000>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

BRASIL, E. C.; DANTAS, R. C. B.; HUNGRIA, L. C.; SANTOS, D. G.; VIEIRA, M. E.; FERREIRA, J. Formas de fósforo lábil em solos sob diferentes sistemas de uso da terra da Amazônia. Fertilidade e Biologia do solo: Integração e tecnologias para todos. **Embrapa Amazônia Oriental**, Separatas, Araxá, MG: Setembro, 2014. Disponível em: <http://eventosolos.org.br/fertbio2014/anais/arquivos_anais/492.Image.Marked.pdf>. Acesso em: 20 maio 2018.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, nº 2, p. 365-372, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/0D/cr/v30n2/a29v30n2.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2018.

BREMNER, John M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen—Total 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, n. methods of soil a n2, p. 595-624, 1982. Acesso em: 27 jun. 2018.

BRITO, L. F. **Plantas de cobertura no sistema de plantio direto orgânico do milho em monocultivo e consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*)**. 2016, 68 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2016. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8418/texto%20completo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1 maio 2018.

BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. 24p. (Fundação MS. Informativo Técnico, 01/97). Acesso em: 15 abr. 2018.

CABEZAS, W. A. R. L.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v. 34, nº 4, p. 1005-1013, jul./ago 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cr/v34n4/a06v34n4.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. ParticulateSoilOrganicMatterChangesacross a GrasslandCultivationSequence. **Soil Science SocietyofAmericaJournal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992. Acesso em: 07 jun. 2018.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; LACERDA, T. M.; ESPÍRITO SANTO, D. J.; ALBUQUERQUE, A. D. Contribuições da vegetação espontânea nas propriedades físico-químicas de um latossolo e na nutrição do cafeeiro. **Coffe Science**, v. 6, nº 3, p. 233-241, set./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/230/pdf>>. Acesso em: 26 maio 2018.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. **Cerrado Adubação Verde**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 2006. v. 1000, 369p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3561/adubacao-com-mucuna-preta-em-solos-de-cerrados>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

CARVALHO, A. M.; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. **Manejo de adubos verdes no Cerrado**. Circular Técnica - Embrapa Cerrados, Planaltina, n. 4, p. 1-28, dezembro 1999. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/546470/1/cirtec04.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

CARVALHO, A. M.; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L. R. S.; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para o cultivo de milho em latossolo vermelho-escuro originalmente sob cerrado. In: 8º Simpósio sobre o Cerrado. 1ªInternationalSymposiumof Tropical Savannas. Embrapa/CPAC, **Anais**, 1996. p. 384-388.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, nº 7, p. 551-561, jul. 2015. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18646/12970>>. Acesso em: 10 maio de 2018.

CARVALHO, A. M. Plantio direto com qualidade no Cerrado. 25 Out 2010. **Embrapa Cerrados**. Acesso em: 10 jun. 2018.

CARVALHO, A. M.; DANTAS, R. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P., FONSECA, O. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. **Embrapa Cerrados**, Folhetos, 2010. Disponível

em:<http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2010/bolpd/bolpd_290.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2018.

CARVALHO, A. M.; SOUZA, L. L. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, L. J. Cover plants with potential use for crop-lives tock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, nº 10, p. 1200-1205, out. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 4 jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000012>.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasília**, v. 48, nº 2, p. 157-166, fev. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2013000200005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200005>.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, nº 1, 2002. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/331/33132109/>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

COELHO, A. M. Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha. **Revista Campo & Negócios**, ano XI, nº 130, dez. 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94712/1/Exigencias-nutricionais.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de 225,6 milhões de toneladas de grãos é a segunda maior da história**, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/ultimas-noticias/2054-producao-de-2256-milhoes-de-toneladas-de-graos-e-a-segunda-maior-da-historia-20180208>>. Acesso em: 10 maio 2018.

CONCEIÇÃO, P.C.; CARNEIRO AMADO, T.J.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, nº5, set./out. 2005. Disponível em:<<http://www.autores.redalyc.org/articulo.oa?id=180214037013>> ISSN 0100-0683. Acesso em: 27 jun 2018.

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. (Org.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura de sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **BioscienceJournal**, v. 24, nº 4, p. 20-31, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/2177/WOS000266649000003.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Acesso em: 29 maio 2018.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras

e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, nº 6, p. 1714-1723, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n6/05.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600005>.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GIACOMINI, S. H.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, nº 2, p. 325-334, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v27n2/16233.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2018.

FAVERO, C.; JUICKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, nº 11, p. 1355-1362, nov. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001001100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 jun. 2018.

FERNANDES, G. W.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SCARIOT, A.; AGUIAR, L. M. S.; FERREIRA, G.; MACHADO, R.; FERREIRA, M. E.; DINIZ, S. PINHEIRO, R.; COSTA, J. A. S.; DIRZO, R.; MUNIZ, F. **Cerrado: em busca de soluções sustentáveis**. Rio de Janeiro: Vertente Produções Artísticas, 2016.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium (Lavras)*, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience Journal**, v. 24, nº 3, p. 24-30, jul./set. 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6749/4453>>. Acesso em: 2 jul. 2018.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, nº 1, p. 153-159, 2000. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218272018>> ISSN 0100-0683. Acesso em: 4 jul. 2018.

HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crame e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, nº 9, set. 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/331/33119939006/>>. Acesso em: 4 maio 2018.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, nº 9, p. 1021-1030, set. 1985

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Documentos 100. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados, 2003.

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, nº 1, p. 10-17, jan./mar. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v43n1/08.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; SÁ, M. E.; GOMES JÚNIOR, F. G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de cerrado **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, nº 3, p. 298-307, 2005. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/149/pdf_264>. Acesso em: 10 maio 2018.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, nº 4, p. 723-729, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/04.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2018.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. (Tradução e adaptação de Alfredo S. Lopes). 2ª ed. revisada e ampliada. Piracicaba: POTAFOS, 1998. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/\\$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3ª ed. Ver. nº 1, boletim técnico - São Paulo, ANDA 1990. 22 p. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_01.pdf> Acesso em: 26 jul. 2018.

MACENA, F. A.; ASSAD, E. D.; STEINKE, E. T.; MÜLLER, A. G. Clima do bioma Cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura Tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, nº 4, p.415-422, abr. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n4/a10v45n4>>. Acesso em: 22 maio 2018.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **BioscienceJournal**, v. 27, nº 1, p. 70-76, jan./fev. 2011.

MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, nº 1, jan./jun. 2006. Acesso em: 23 maio 2018.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, nº 3, 2001, p. 531-538. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1802/180218337003.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2018.

NUNES, R. S.; LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; MENDES, I. C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, nº 4, p. 1407-1419, ago. 2011. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n4/a35v35n4.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2018.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E. GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, nº 3, p. 538-544, jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542005000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 jun. 2018.

OLIVEIRA, M. A evolução da produtividade no Cerrado. **PIONEER**, 2013. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/160/a-evolucao-da-produtividade-no-cerrado>> Acesso em: 15 abr. 2018.

OLIVEIRA, S. M.; ALMEIDA, R. E. M.; MIGLIAVACCA, R. A.; FAVARIN, J. L. Importância do sistema de plantio direto (SPD) para a cultura do milho. **Visão Agrícola**, nº 13, p. 40-44, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1038126/1/CNPASA2015va1.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, nº 9, p. 1228-1236, set. 2013. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15282/12419>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, nº 1, p. 17-25, jan. 2011.

PALLARÉS, M. G.; LEÓN, A. E.; ROSSELL, C. M. Trigo. In: LEÓN, A. E.; ROSELL (Ed.). **De tales harinas, tales panes**. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007. Disponível em: <<http://digital.csic.es/bitstream/10261/17118/1/libro%20panificacion-2007.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; BEVILAQUA, G. P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, nº 9, p. 1427-1432, 1994. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4192>>. Acesso em: 8 maio 2018.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Visão Agrícola**, Nutrientes, nº 9, p. 43-46, 2009. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Fertilidade04.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2018.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, v. 57, nº 2, p. 274-281, mar./abr. 2010. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3730/1445>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,

v. 39, nº 1, p. 35-40, jan. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v39n1/19581.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2018.

PINTO, J. R. R.; BORDINI, M. C. P.; PORTO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. Princípios e técnicas usadas na recuperação de áreas degradadas. In: FAGG, C. W.; MUNHOZ, C. B. R.; SOUSA-SILVA, J. C. **Conservação de áreas de preservação permanente do Cerrado**. Brasília/DF: CRAD, 2011.

PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, nº 3, p. 187-193, 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253020206007>>. Acesso em: 4 jul. 2018.

RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba/SP: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991. Acesso em: 23 maio 2018.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba/SP: InternationalPlantNutritionInstitute, 2011. Acesso em: 23 maio 2018.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, C. A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, v. 69, nº 1, p. 149-155, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n1/19.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C.; SILVA, A. L.; BRUNO, I. P. O SPD mantendo o equilíbrio dinâmica da matéria orgânica. **Visão Agrícola**, nº 9, jul./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Microbiologia02.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: ampliado. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, 1998. P.87-166. Acesso em: 17 abr. 2018

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas/SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas – modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados/MS: Embrapa, 2006.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, nº 1, p. 38-46, jan./mar., 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195320077005>>. Acesso em: 26 junho 2018.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M. C. M; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, nº 1, p. 11-21, jan./fev. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100002>. Acesso em: 5 jul. 2018.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade de fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, nº 2, p. 576-586, mar./abr. 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/331/33138249/>. Acesso em: 26 jun. 2018.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, nº 2, p. 202-217, 2006a. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/184/pdf_241>. Acesso em: 10 maio 2018.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J. M.; CARVALHO, A. M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, nº 6, p. 649-654, jun. 1997. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4693/7353>>. Acesso em: 03 jul. 1997.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, nº 11, p. 1504-1512, nov. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009001100019>. Acesso em: 8 maio 2018.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, nº 3, 2006b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000300049>. Acesso em: 4 maio 2018

SOBRAL, L. F. et al. Fundamentos da análise de solo para fins de recomendação de fertilizantes. In: _____ (Org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007.

SUÑER, L.; GALANTINI, J. Importancia de equilibrio de las formas de fósforo edáfico. In: Galantini, J. (Ed.). **Ciencia y experiencia para una siembra directa sustentable en los ambientes frágiles del S y SO Bonaerense**. Revista Aapresid, 2013, p. 67-76.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v. 65, nº 1, p. 121-127, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/v65n1/29046.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2018.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, nº 4, p. 609-618, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n4/26109.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2018.

TORRES, J. L. R. et al. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, v. 27, nº 4, p. 117-125, out./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/2371/237132753015/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. Solos e fertilidade do solo. (Tradução de Durval Dourado Neto e Manuela N. Dourado. São Paulo: Andrei Editora, 2007.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L. C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, v. 72, nº 1, p. 90-100, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v72n1/aop_1654_13.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2018.

VIÉGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, nº 2, p. 315-319, ago. 2004. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/408482/4/21833.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2018.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, nº 10, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/914925/1/PABVilela.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2018.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, nº 2, p. 429-437, abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000200020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 jun. 2018.

WINCK, B. R.; VEZZANI, F. M.; DIECKOW, J.; FAVARETTO, N.; MOLIN, R. Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, nº 3, p. 980-989, maio/jun 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000300030>. Acesso em: 27 jun. 2018.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; RAZERA, L. F.; MEDINA, P. F.; CARVALHO, L. H.; KIKUTI, H. (Coord.). DIAS, R. P.; LAURINO, M. S.; GONÇALVES, J. R. A. (Colaboradores). **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas**. Brasília/DF: MAPA, 2007.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, nº 5, maio 2015.

Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/20934/12927>>. Acesso em: 3 maio 2018.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D.; BELTRÃO, N. E. M.; ALVES, I.; C. JÚNIOR, A. F.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. N.; OLIVEIRA, M. C.; CUNHA, D. S.; MOTA, M. O. S.; SOARES, A. N.; BARBOSA, H. F. **Práticas de conservação de solo**. Circular Técnica 133. Campina Grande: Embrapa, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68394/1/CIRTEC133-tamanho-grafica-2.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2018.