

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA E ALTERAÇÕES NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIANOS DO SOLO NO CERRADO**

DAIANE CONCEIÇÃO DE SOUSA

BOM JESUS - PI
2017

DAIANE CONÇEIÇÃO DE SOUSA

DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA E ALTERAÇÕES NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIANOS DO SOLO NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Medeiros

BOM JESUS – PI
2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

S725d Sousa, Daiane Conceição de.

Desempenho de plantas de cobertura e alterações nos atributos químicos e microbianos do solo no Cerrado. /

Daiane Conceição de Sousa. – 2017.

73 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2017.

Orientação: “Prof. Dr. João Carlos Medeiros”.

1. Palhada. 2. Microbiota. 3. Ciclagem de nutrientes.
4. Qualidade do solo. I. Título.

CDD 631.45

DAIANE CONCEIÇÃO DE SOUSA

DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA E ALTERAÇÕES NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIANOS DO SOLO NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Dr. Álvaro Luiz Mafra

(UDESC)

Dr. Cácio Luiz Boechat

(CPCE/UFPI)

Dra. Jaqueline Dalla Rosa

(CPCE/UFPI)

Dr. João Carlos Medeiros
(Orientador)

BOM JESUS - PI
2017

BIOGRAFIA

Daiane Conceição de Sousa, filha de Maria do Rosário da Conceição de Sousa e Osmundo Antônio de Sousa. Nasceu em 07 de abril de 1982 na cidade de São João do Piauí-PI, é Engenheira Agrônoma, forma na Universidade Federal do Piauí (UFPI), em 2009. Em março de 2015 ingressou no curso de mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Piauí.

“Então andarás com confiança no teu caminho e não tropeçará o teu pé.”

(Provérbios 3:23)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela sabedoria e pela força ao longo dessa jornada.

À minha mãe e meu pai, pelo apoio e amor incondicional;

Ao orientador João Carlos Medeiros e co-orientadora Jaqueline Dalla Rosa, pela amizade, paciência e ensinamentos repassados ao longo da caminhada;

Ao co-orientador Julian Júnio, por cada minuto de amizade, humildade e dedicação aos alunos;

Ao professor Cacio Luiz Boechat, pelo apoio, incentivo e contribuições para o meu trabalho;

A todos os professores da pós-graduação que contribuíram para realização desse título e por fazerem o *campus* (CPCE) cada dia melhor;

Aos meus familiares (avós, primas, primos, tios e sobrinhos) pela credibilidade e confiança;

Aos meus irmãos: Rogério, Antônio Neto e Dallane, por tudo que representaram na formação do meu caráter;

Ao meu namorado, Marco Van Bastem, pelo amor, paciência e compreensão nos momentos de estresse;

À Lizandra, pela contribuição na realização do trabalho;

Aos amigos do laboratório de Física do Solo e companheiros de RU: Paula, Maria, Elias, Lucão, Nayana e Juliana;

Aos amigos da turma de mestrado: Antonny, Liliane, Daliane, Ricardo e Keilane;

Aos técnicos do centro de análise de solo do CPCE, Estefenson e Enedina;

Ao trio de amigos Kleiton, Jeová e Igor pelos momentos extrovertidos nas horas mais desesperadoras do dia;

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida;

À Fazenda Cantagalo, pela oportunidade do trabalho realizado e financiamento do projeto;

Ao Evaldo e Hygor pelo apoio e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Sumário

RESUMO GERAL	X
GENERAL ABSTRACT	XI
LISTA DE TABELAS	XII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 QUALIDADE DO SOLO	3
2.2 IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NA QUALIDADE DO SOLO	4
2.3 PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMAS AGRÍCOLAS.....	5
2.4 PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS RESÍDUOS	5
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO 2	12
ACÚMULO DE MASSA SECA, NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA EM LATOSSOLO NO CERRADO	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÕES	28
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 3	32
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS APORTE DE PALHADA DE PLANTAS DE COBERTURA	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4. CONCLUSÕES	46
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO 4	50
ATRIBUTOS MICROBIANOS DO SOLO APÓS CULTIVO DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA	50
RESUMO	50
MICROBIAL SOIL ATTRIBUTES AFTER CULTIVATION OF COVER PLANT SPECIES	51

ABSTRACT	51
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

RESUMO GERAL

SOUSA, Daiane Conceição de. **Desempenho de plantas de cobertura e alterações nos atributos químicos e microbianos do solo no Cerrado**. 2017. p. 1-11 Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O uso de plantas de cobertura pode aumentar os teores de matéria orgânica e melhorar a qualidade dos solos do Cerrado. Entretanto, o desempenho das espécies de plantas de cobertura e seus efeitos nos atributos químicos e microbiológicos são diferenciados. Com isso desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de quantificar a produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e decomposição de espécies de plantas de cobertura, além de determinar as alterações nos atributos químicos e microbianos do solo, em um sistema de plantio direto, no Cerrado do Piauí. O experimento foi conduzido de janeiro de 2015 a julho de 2016 em Baixa Grande do Ribeiro, PI, em um Latossolo Amarelo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de seis espécies de fabáceas, duas de poáceas, dois consórcios e, vegetação espontânea (testemunha). As avaliações realizadas foram: produção de massa seca, composição nutricional da parte aérea das plantas, extração de nutrientes em função da massa seca produzida e avaliação da decomposição da fitomassa. Aos 14 e 18 meses após a implantação das espécies de cobertura foram realizadas coletas de solo para análise dos atributos químicos e microbianos, respectivamente. As camadas de solo amostradas foram: 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m para os atributos químicos e de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m para os microbianos. Determinou-se os teores de fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺), acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT) e pH do solo. Calculou-se a saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e CTC efetiva. Os atributos microbianos foram: carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo (C_{mic} e N_{mic}) respectivamente, respiração basal do solo (C-CO₂) avaliada no tempo: 1, 2, 4, 7, 10, 13, 16, 21, 26, 36, 56, 80 e 112 dias após a incubação e o carbono orgânico total do solo (COT). Calculou-se o quociente metabólico (qCO₂), o quociente microbiano (qMIC), e a relação carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C/N_{mic}). A maior produção de matéria seca foi obtida com crotalária juncea, guandu fava larga, milheto e braquiária e, a menor com mucuna preta, vegetação espontânea e no consórcio de crotalária spectabilis + milheto. Os maiores acúmulos de nutrientes na parte aérea ocorreram em guandu fava larga, crotalária juncea e crotalária spectabilis. As plantas de cobertura apresentaram bom potencial de proteção do solo, pela permanência dos resíduos na superfície, com exceção da mucuna-preta e crotalária spectabilis. Os teores de COT foram mais elevados com uso de guandu fava larga, braquiária e consórcio de crotalária ochroleuca + milheto, principalmente na camada superficial do solo. Crotalária spectabilis, vegetação espontânea, mucuna preta, braquiária e crotalária ochroleuca foram às coberturas mais eficientes na ciclagem de K. Os atributos microbianos do solo são sensíveis à utilização de plantas de cobertura. A maior liberação de C-CO₂ é observada nas áreas com vegetação espontânea, Crotalária juncea, guandu fava larga e consórcio de Crotalária spectabilis + milheto na camada de 0-0,10 m, até o quarto dia após a incubação. O maior incremento na atividade da biomassa microbiana ocorre na camada superficial.

Palavras chave: Palhada, microbiota, ciclagem de nutrientes, qualidade do solo

¹Orientador: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

GENERAL ABSTRACT

SOUSA, Daiane Conceição de. **Cover performance and changes in soil chemical and microbial attributes of the soil in the Cerrado**, 2017. p. 1-11, Dissertation (Master in Soils and Plant Nutrition) - Federal University of Piauí, PI¹.

The use of cover crops can increase the organic matter content and improve the quality of Cerrado soils. However, the performance of the species of cover crops and their effects on chemical and microbiological attributes are different. With this, the present work was developed with the objective of quantifying biomass production, nutrient cycling and decomposition of cover crop species, as well as determining the changes in soil chemical and microbial attributes, in a no-tillage system, in the Cerrado of Piauí. The experiment was conducted from January 2015 to July 2016 in Baixa Grande do Ribeiro, PI, in a Yellow Latosol. The experimental design was in randomized blocks, with eleven treatments and four replicates. The treatments consisted of six species of fabaceae, two of poaceae, two mixes and spontaneous vegetation (control). The following evaluations were carried out: dry mass production, nutritional composition of the plants, nutrient extraction according to the dry mass produced and evaluation of the decomposition of dry mass produced for each species. At 14 and 18 months after the implantation of the cover species, soil samples were collected to analyze the chemical and microbial attributes, respectively. The layers of soil sampled were: 0.0-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m for chemical attributes and 0.0-0.10 and 0.10-0.20 m for microbial. The values of phosphorus (P), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), aluminum (Al³⁺), potential acidity (H + Al), organic carbon (OC) and soil pH were determined. Base saturation (V%), aluminum saturation (m%) and effective CTC were calculated. The microbiological attributes were: carbon, and nitrogen of soil microbial biomass (C_{mic} and N_{mic}) respectively, baseline soil respiration (C-CO₂) evaluated at time: 1, 2, 4, 7, 10, 13, 16, 21, 26, 36, 56, 80 and 112 days after incubation and total soil organic carbon (TOC). The metabolic quotient (qCO₂), the microbial quotient (qMIC) and the carbon and microbial nitrogen ratio (C/N_{micro}) were calculated. The greater dry matter production was obtained with the species *Crotalaria juncea*, *guandu fava larga*, *milleto* and *braquiaria*, and the smaller with *mucuna preta*, *vegetação espontanea* and in the mix of *Crotalaria espectralis* + *milheto*. The greater accumulations of nutrients in the aerial part occurred in: *guandu fava larga*, *Crotalaria juncea* and *Crotalaria espectralis*. The cover plants had good potential for soil protection, due to the permanence of the residues on the surface, except for the *mucuna preta* and *Crotalaria espectralis*. The TOC contents were greater with the use of *guandu fava larga*, *braquiaria* and mix of *Crotalaria ochroleuca* + *milheto*, mainly in the topsoil. The treatments of *Crotalaria espectralis*, spontaneous vegetation, *mucuna preta*, *braquiaria* and *Crotalaria ochroleuca* were the most efficient in the cycling of K. The microbial attributes of the soil are sensitive to the use of cover crops. The greater release of C-CO₂ is observed in areas of natural vegetation, *Crotalaria juncea*, broad bean and pigeon pea *Crotalaria espectralis* + millet consortium in the 0-0.10 m layer until the fourth day after incubation. The largest increase in activity of the microbial biomass takes place in the surface layer.

Key words: Mulching, microbial, nutrient cycling, soil quality

¹Adviser: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição química e granulométrica de solo antes da implantação do experimento.	16
Tabela 2. Análise de variância (valores de F) para matéria seca e extração de nutrientes das diferentes plantas de cobertura.	19
Tabela 3. Produção de massa seca (MS) e relação C/N das plantas de cobertura utilizadas no estudo aos 183 dias após semeadura.	19
Tabela 4. Teores de nutrientes na massa seca da parte aérea das plantas de cobertura utilizadas no estudo.	21
Tabela 5. Acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cobertura utilizadas no estudo.	22

CAPÍTULO 3

Tabela 6. Extração de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cobertura utilizadas no estudo.	36
Tabela 7. Composição química e granulométrica de solo antes da implantação do experimento.	37
Tabela 8. Resumo da análise de variância ($P > F$) para atributos químicos do solo avaliados.	39
Tabela 9. Teores médios de carbono orgânico do solo (COT) do solo após o uso de plantas de cobertura, nas camadas avaliadas.	41
Tabela 10. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo em diferentes profundidades após o uso de espécies de plantas de cobertura no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI, 2016.	42

CAPÍTULO 4

Tabela 11. Composição química e granulométrica de solo antes da implantação do experimento.	54
Tabela 12. Análise de variância (valores do quadrado médio) para carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C_{mic} e N_{mic}), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), relações carbono e nitrogênio da biomassa microbiana ($C:N_{mic}$).	60
Tabela 13. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C_{mic} e N_{mic}), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), relação carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C/N_{mic}) e carbono orgânico total (COT) após 480 dias da implantação de plantas de plantas de cobertura ao solo.	60
Tabela 14. Respiração basal do solo (RBS) no tempo após a implantação de espécies de plantas de cobertura ao solo.	65

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperaturas registradas na área experimental, durante o período de estudo. 16
- Figura 2.** Produção de massa seca (MS) das plantas de cobertura em função do tempo. 24
- Figura 3.** Decomposição das plantas de cobertura após realização da dessecação. 25

CAPÍTULO 3

- Figura 4.** Precipitação pluviométrica e temperatura registrada na área experimental, durante o período de estudo. 37
- Figura 5.** Produção de massa seca (MS) das plantas de cobertura utilizadas no estudo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de scott–knott ($P < 0.05$). 40

CAPÍTULO 4

- Figura 6.** Precipitação pluviométrica e temperatura registrada na área experimental, durante o período de estudo. 55
- Figura 7.** Respiração basal do solo (RBS) acumulada durante 112 dias de incubação. 67

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado representa o segundo maior bioma brasileiro, corresponde a 24 % do território nacional, com cerca de 204,7 milhões de hectares, superado apenas pela Floresta Amazônica (IBGE 2004). Em parte do estado do Piauí tem-se a ocorrência do bioma Cerrado, o qual representa por volta de 0,59% da área total do Cerrado brasileiro e 3,08% do Cerrado nordestino. O Piauí faz parte, atualmente, da nova fronteira agrícola do país, denominada de MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) com participação nacional em ascendência (9,4% de grãos na safra 2014/2015) na produção de soja, milho e algodão (Mingoti et al., 2014). Nessa região as condições edafoclimáticas são favoráveis à produção de grãos e ainda existe potencial de expansão das áreas agrícolas (CONAB, 2013).

A transformação de ambientes naturais, como o Cerrado, em sistemas agrícolas pode gerar degradação ambiental. Além disso, quando a exploração agrícola ocorre de maneira inadequada pode causar a degradação de extensas áreas. Neste sentido, sistemas de produção mais eficientes no uso dos recursos naturais do Cerrado e que não comprometam a sustentabilidade dos ecossistemas são necessários. Alguns sistemas de manejo, denominados de promotores da qualidade do solo, necessitam de maior caracterização do ponto de vista de qualidade ambiental e sócio econômico, visando sua fundamentação nas regiões de exploração agrícola recentes, como é o caso do estado do Piauí.

O ponto-chave para a manutenção da qualidade dos solos do Cerrado é a utilização de práticas que visem à proteção do solo, não somente durante o verão, mas também na entressafra, em que as áreas agricultáveis estão sujeitas à radiação solar, à erosão eólica e à infestação por plantas espontâneas no período de pousio (Balbinot Júnior et al., 2008). O uso de plantas de cobertura em um plano de rotação de culturas é um dos princípios fundamentais para manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. No caso dos solos do Cerrado, que em sua maioria são ácidos, de baixa fertilidade e com baixo conteúdo de matéria orgânica, o uso de plantas de cobertura é ainda mais importante, além de viabilizar o sistema de plantio direto na região.

A presença de cobertura sobre o solo é responsável por inúmeros benefícios como a redução de perda de água por evaporação, influenciando a infiltração, retenção

de água, estruturação e a erodibilidade do solo (Donagemma et al., 2016). Atua também sobre outros atributos, tais como: incorporação de carbono orgânico (Steiner et al., 2011, Leite et al., 2010), aumento da capacidade de troca de cátions (Pacheco et al., 2013), complexação de elementos tóxicos do solo e estímulo da biota do solo (Balota et al., 2014). Além disso, o uso de plantas de cobertura contribui para reduzir os gastos e uso de fertilizantes, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas sub-superficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pela decomposição dos seus resíduos (Torres et al., 2008).

A falta de informações sobre o desenvolvimento das plantas de cobertura e seu papel, na qualidade dos solos do Cerrado tropical, contrasta com o emprego já tradicional dessa prática de manejo em outras regiões do Brasil (Araújo et al., 2008). Por estas razões, tornam-se necessários estudos na região do Cerrado do Piauí para avaliar os efeitos da utilização de plantas de cobertura sobre a qualidade dos solos, bem como seus efeitos na produtividade de culturas agrícolas comerciais, como o milho e a soja, as quais são fonte de renda ao produtor rural. Com base nas informações geradas, espera-se que os técnicos e os agricultores da região recebam informações baseadas em dados científicos, gerados nas condições edafoclimáticas regionais, para a escolha das espécies a serem utilizadas como plantas de cobertura do solo, com o intuito de aumentar a produtividade das culturas e tornar os sistemas agrícolas do Cerrado mais eficientes e sustentáveis.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar a produção de biomassa vegetal, ciclagem de nutrientes e decomposição de espécies de plantas de cobertura, além de determinar as alterações nos atributos químicos e microbianos do solo na implantação do sistema de plantio direto, no Cerrado do Piauí.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade do solo

A qualidade do solo, essencialmente, significa "a capacidade do solo em exercer suas funções efetivamente no presente e no futuro" (Doran e Parkin, 1994; Karlen et al., 1997). Assim, pela premissa de que o solo pode ser considerado como um dos recursos básicos dos ecossistemas naturais e agropecuários e, por ser um recurso finito, frágil e não renovável, a manutenção de sua qualidade tem importância fundamental.

A ciência do solo tem buscado identificar e selecionar indicadores de qualidade do solo (IQS), a fim de monitorar mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, relacionadas com determinadas funções que o solo pode desempenhar e, através disso, definir valores quantitativos e mensuráveis desses indicadores (Doran e Parkin, 1994; Karlen et al., 2001). Pesquisadores estão buscando os indicadores mais adequados para avaliar a qualidade do solo (QS) nas condições brasileiras, e surgem propostas de indicadores físicos (Silva et al., 2015 c; Santos et al., 2015; Custódio et al., 2015; Assis et al., 2015), químicos (Franco et al., 2015), microbiológicos (Silva et al., 2015 a; Silva et al., 2015 d; Rambo et al., 2015) e a integração destes (Torres et al., 2015; Silva et al., 2015 b).

A qualidade de um solo pode ser determinada a partir das suas propriedades e características ou observações indiretas. Dessa forma, um número mínimo de atributos do solo (indicadores) deve ser medido para quantificar a sua qualidade (Torres et al., 2015). Nesse sentido, alguns autores acreditam também que a produtividade de uma determinada cultura é a expressão final da qualidade de um solo, pois a alta produtividade ocorre quando atributos biológicos, físicos e químicos estão em boas condições (Godoy et al., 2015; Montanari et al., 2015; Lopes et al., 2013). Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, estoque de carbono total e particulado e diâmetro médio ponderado dos agregados do solo foram utilizados para avaliar a qualidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. Ao final do estudo, verificou-se, com o uso desses indicadores, melhoria na estrutura e qualidade do solo sob sistema de plantio direto em comparação ao plantio convencional (Souza et al. 2014).

Os atributos físicos do solo utilizados como IQS apresentam vantagens que estão relacionadas ao baixo custo, metodologias simples e rápidas e relação direta com os atributos químicos e biológicos do solo (Mendes et al., 2006). Os atributos biológicos,

por sua vez, têm sido considerados preditores precoces de mudanças na qualidade do solo por serem mais sensíveis (Lopes et al., 2013; Rojas et al., 2016). Os químicos se relacionam com as condições da interface solo-planta, com a conservação das águas de boa qualidade, aproveitamento de efluentes, com aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) e com a preservação do meio ambiente (van der Hoek et al., 2002). Diante disso, a variação desses atributos, influenciada pelo manejo e uso do solo, e sua avaliação são importantes para o melhor manejo visando à sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

2.2 Importância da matéria orgânica na qualidade do solo

O aporte de matéria orgânica (MO) confere ao solo inúmeros benefícios, por contribuir na dinâmica dos atributos físicos, químicos e biológicos. Além disso, indica o estado de conservação do solo (Leite et al., 2015), pois baixos teores são indícios de degradação do solo (Winck et al., 2014).

O acréscimo de MO ao solo propicia elevação da macroporosidade (Silva et al., 2009), redução da densidade mediante a baixa densidade da MO e a reestruturação do solo, pela formação de agregados mais estáveis (Silva et al., 2015), além de favorecer a retenção de água (Sato et al., 2012).

No que se refere ao papel da MO como condicionadora química do solo, destaca-se sua interferência em promover a elevação da disponibilidade de P devido à liberação do P acumulado na biomassa vegetal, além da complexação do Al^{3+} e Fe^{2+} (Bressan et al., 2013). Incrementa os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} mediante a formação de complexos solúveis hidrogenados (Canellas et al., 2000). Em solos altamente intemperizados, é responsável por aproximadamente 80% da CTC (Pacheco e Petter, 2011).

Entre os efeitos da MO, sobre os atributos biológicos, destaca-se o estímulo à biota do solo, devido ao fornecimento de nutrientes e energia para atividade desses organismos. A biomassa microbiana contribui para a disponibilidade de nutrientes na forma inorgânica para a absorção pelas plantas, uma vez que 98% do N no solo faz parte da MO (Godoy et al., 2013). O aporte de MO ao solo apresenta como efeito positivo a redução da emissão de CO_2 , tendo em vista que 60% do C do solo está contido na MO (Siqueira Neto et al., 2009) e a diminuição do uso de adubos nitrogenados, que diminuem a emissão de N_2O (Silva et al., 2015).

2.3 Plantas de cobertura em sistemas agrícolas

Uma forma de aumentar os teores de MO em solos tropicais e, como consequência obter melhor QS e maior capacidade produtiva das terras, é pela utilização de espécies de plantas de cobertura. No caso dos solos do Cerrado, que em sua maioria são ácidos, de baixa fertilidade e com baixo conteúdo de MO, o uso de plantas de cobertura é ainda mais importante (Correia et al., 2004).

Em geral as plantas de cobertura são utilizadas com dois objetivos: 1) fornecer palhada ao solo, para viabilizar o sistema de plantio direto, e 2) promoverem a ciclagem de nutrientes. Desta forma, pode-se priorizar a produção de palha para aumentar a MO e proteção, a ciclagem de nutrientes, ou ambas.

Normalmente, a taxa de decomposição e a quantidade de palha sobre o solo é regulada por dois fatores principais: relação C/N do material vegetal e o manejo que lhe é dado. Assim, podem-se agrupar as espécies em duas classes, uma de decomposição mais rápida constituídas pelas fabáceas e outras dicotiledôneas; e outra de decomposição mais lenta, representada pelas poáceas (Ziech et al., 2015; Carvalho et al., 2015). O retardamento da decomposição preserva maior quantidade de resíduos culturais sobre o solo, contribuindo para a manutenção da umidade do solo e para sua proteção contra o efeito erosivo da chuva. Por outro lado, a decomposição, possibilita que o estoque de nutrientes do material vegetal se torne disponível para as plantas, contribuindo com a elevação da produtividade das culturas subsequentes (Souza e Melo, 2000).

2.4 Produção e qualidade dos resíduos

Na escolha das espécies de plantas de cobertura deve-se considerar os objetivos de sua implantação, como exemplo, a proteção do solo, pela formação de palhada a melhoria da fertilidade do solo pela reciclagem de nutrientes, ou melhoria estrutural e aporte de material orgânico ao solo (Costa et al., 2014; Silva et al., 2014; Ziech et al., 2015).

Quando se objetiva proteção do solo, o que se busca é alta produção de biomassa, com baixa taxa de decomposição, para haver maior persistência dos resíduos na superfície do solo. Neste caso, as poáceas se destacam devido sua alta relação C/N e ao alto teor de lignina na sua composição, formando húmus de maior estabilidade, porém, podem apresentar problemas em relação à disponibilidade de N (Bulisani et al.,

1993) exigindo suplementação. As fabáceas, por sua vez, destacam-se pela capacidade de fixação simbiótica do N₂ atmosférico e por apresentarem baixa relação C/N, o que, aliado à presença de compostos solúveis e à reduzida quantidade de lignina e polifenóis em seus tecidos (Stute e Posner, 1995), favorece a rápida decomposição e mineralização, com expressivo aporte de N ao sistema solo-planta, mas, com redução da cobertura do solo, essencial para viabilizar o sistema de plantio direto (Ferreira et al., 2011; Partelli et al., 2011).

Quando se deseja tanto a proteção do solo, para manter a estrutura física, quanto a melhoria na fertilidade do solo, pode-se utilizar a mistura de espécies de poáceas e fabáceas. Além disso, é importante alternar culturas com resíduos facilmente decomponíveis e ricos em nutrientes com plantas produtoras de palhada mais abundante e lignificada, assim como plantas com diferentes sistemas radiculares.

Independentemente dos objetivos de cada sistema, destaca-se que, o uso de plantas de cobertura em rotação com culturas comerciais pode tornar os sistemas agrícolas do Cerrado mais eficientes e sustentáveis.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, B. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, p. 225-230, 2008.

ASSIS, P.C.; STONE, L. F.; MEDEIROS, J.C.; MADARI, B.E.; OLIVEIRA, J.D.M.; WRUCK, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 309-316, 2015.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKW, J.; VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta daninha**, v. 26, p. 569-576, 2008.

BALOTA, E. L.; CALEGARI, A.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: A long-term study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 197, p. 31-40, 2014.

BRESSAN, S. B.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 371-378, 2013.

BULISANI, E. A.; ROSTON, A. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (coords.). **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo**, 1993. v. 1, p. 13-16. (Documentos IAC, 35).

CANELLAS, L. P.; BERNER, P. G.; DA SILVA, S. G.; SILVA, M. B. E; SANTOS, G. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposeqüência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 133-143, 2000.

CARVALHO, A. M. D.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. D. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Management of cover crops at flowering and physiological maturity and its effect on maize yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 551-561, 2015.

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

COSTA, M. J. N. D.; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 40, p. 63-70, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. D. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira em Ciências Agrárias**, v. 9, p. 166-73, 2014 a.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; DE CARVALHO BALIEIRO, F.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; MACEDO, M. C. M. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1003-1020, 2016.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J. W.; Coleman, D. C.; Bezdicek, D. F. & S. B. A. . E. **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; PARTELLI, F. L.; DIDONET, A. D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira e Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 15, p. 695-701, 2011.

FRANCO, E. S., NETO, J. D., GUIMARÃES, J. P., FARIAS, M. S., & LIRA, V. M. Comparação de indicadores químicos do solo após o plantio da algaroba. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 11, p. 61-66, 2015.

GODOY, S. G.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; COBUCCI, T.; LACERDA, M. C. Correlação entre produtividade do arroz no sistema semeadura direta e atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 119-125, 2015.

KARLEN, D.L.; ANDREWS, S.S.; DORAN, J.W. Soil quality: current concepts and applications. **Advances in Agronomy Journal**, n. 74, p. 1-40, 2001.

LEITE, L. F. C.; FERREIRA, J. S.; VELOSO, M. E. C.; MOUSINHO, F. E. P.; ROCHA JÚNIOR, A. F. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 394-401, 2015.

LEITE, L. F.; GALVÃO, S. R.; HOLANDA NETO, M. R.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1273-1280, 2010.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, p. 461-472, 2013.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, v. 12, p. 211-220, 2006.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R. ; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. Q. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono cerrado-pantanal, MS. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 39, p. 385-396, 2015.

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, S., M. M.; SILVA, R. F.; SOARES, S. L.; FONSECA, W. L.; NÓBREGA, J. C. A.; PETTER, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; OSAJIMA, J.

A. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no cerrado piauiense. **Bragantia**, v. 72, p. 237-246, 2013.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIAGA, S. E.; BODDEY, R. M. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 995-1006, 2011.

RAMBO, J. R.; GOUVEIA, R. G. L.; BAYER, C.; TOMAZI, M. Atributos Microbiológicos do Solo sob Distintos Sistemas de Manejo de Fertilidade. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, 2015.

ROJAS, J. M.; PRAUSE, J.; SANZANO, G. A.; ARCE, O. E. A.; SÁNCHEZ, M. C. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 250-262, 2016.

SANTOS, F. C.; BARCELOS, A. C.; RODRIGUES, S. C. Distribuição de atributos físicos do solo sob vertente em ambiente de Cerrado nativo do Triângulo Mineiro. **Caderno de Geografia**, v. 25, p. 66-77, 2015.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. D.; LEÃO, T. P.; RAMOS, M. L.; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.189-193, 2012.

SILVA OLIVEIRA, B.; CARVALHO, M. A. C.; LANGE, A.; WRUCK, F. J.; DALLACORT, R. S. Atributos biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na região amazônica/biological attributes of soil in integrated crop-livestock-forest systems in the amazon region. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, p. 448, 2015a.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 25-35, 2015 b.

SILVA, M. M.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. D. P.; FERNANDES, F. C. S. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. **Revista Ceres**, v. 56, 2015 c.

SILVA, S. G. D.; GOMES, M. D. S.; GALLO, A. D. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. D. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológica. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, 2015 d.

SILVA, V. M.; TEIXEIRA, A. F. R., SOUZA, J. S.; GUIMARÃES, G. P.; BENASSI, A. C.; MENDONÇA, E. S. Estoques de Carbono e Nitrogênio e Densidade do Solo em Sistemas de Adubação Orgânica de Café Conilon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1436-1444, 2015 e.

SILVA, M. M.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. P.; FERNANDES, F. C. S. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. **Revista Ceres**, v. 56, p. 103-111, 2009.

SILVA, M. P. D.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. D.; ARRUDA, N. Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. **Agrarian**, v. 7, p. 233-243, 2014.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum**, v. 31, p. 709-717, 2009.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARNEIRO, M. A. C.; MARTINS, A. P.; BAYER, C. Soil quality indicators in a Rhodic Paleudult under long term tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 139, p. 28-36, 2014.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 885-896, 2000.

STEINER, F.; PIVETTA L. A.; CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 401-408, 2011.

STUTE, J. K.; POSNER, J. L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**, v. 87, p. 1063-1069, 1995.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 421-428, 2008.

TORRES, J. L. R.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L. Attributes of soil quality indicators in area under direct planting to twelve years/Atributos indicadores da qualidade do solo numa área sob plantio direto ha doze anos. **Comunicata Scientiae**, v. 6, p. 123-134, 2015.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHIDSALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. Urban Wastewater: **A valuable resource for agriculture. a case study from horoonabad, Pakistan**. Colombo, International Water Management Institute, v. 63, 2002, 20 p.

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, p. 980-989, 2014.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. I. L. Soil protection by winter-cycle cover crops in South Braz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 374-382, 2015 a.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. A.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo

hibernal na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 375-82, 2015 b.

COSTA, F. D. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 323-332, 2008.

MINGOTI, R.; BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. **Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais**. Campinas: EMBRAPA Gestão Territorial, 2014, 2 p.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2013**. Brasília: CONAB, 2013. 29 p.

CAPÍTULO 2

ACÚMULO DE MASSA SECA, NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA EM LATOSSOLO NO CERRADO

RESUMO

SOUSA, Daiane Conceição de. **Acúmulo de massa seca, nutrientes e decomposição de plantas de cobertura**. 2017. Cap.2, p.12-30. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O uso de plantas de cobertura é uma importante estratégia para manejo adequado dos solos no Cerrado. Para isso, faz-se necessário, conhecer a adaptação e o potencial produtivo das espécies em diferentes condições edafoclimáticas desse bioma. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial agrônomo de plantas de cobertura cultivadas em um Latossolo Amarelo distrófico no Cerrado piauiense. O experimento foi conduzido de janeiro de 2015 a julho de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de seis espécies de fabáceas, duas de poáceas, dois consórcios e, vegetação espontânea (testemunha). As fabáceas utilizadas foram: *Crotalaria juncea* (C. juncea), *Crotalaria spectabilis* (C. spectabilis), *Crotalaria ochroleuca* (C. ochroleuca), *Cajanus cajan* (guandu anão), *Cajanus cajan* (guandu fava larga) e *Mucuna aterrima* (mucuna preta). As poáceas foram: *Braquiaria ruziziensis* (braquiária) e *Pennisetum glaucum* (milheto) e os consórcios: milheto + crotalária *spectabilis* e milheto + crotalária *ochroleuca*. Foram realizadas as seguintes avaliações: produção de massa seca, composição nutricional da parte aérea das plantas, extração de nutrientes em função da massa seca produzida e avaliação do desaparecimento da massa seca produzida para cada espécie. A maior produção de matéria seca foi obtida com as espécies de C. juncea, guandu fava larga, milheto e braquiária e, a menor com mucuna preta, vegetação espontânea e no consórcio de crotalária *spectabilis* + milheto. O maior acúmulo de nutrientes na parte aérea ocorreu em: guandu fava larga, C. juncea e C. *spectabilis*. As plantas de cobertura estudadas apresentaram bom potencial de proteção do solo, pela permanência dos resíduos na superfície, com exceção da mucuna-preta e C. *spectabilis*.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, resíduos, leguminosas, gramíneas.

¹Orientador: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

CHAPTER 2

ACCUMULATION OF DRY MASS, NUTRIENTS AND DECOMPOSITION OF COVER PLANTS

ABSTRACT

SOUSA, Daiane Conceição de. **Accumulation of dry mass, nutrients and decomposition of cover plants** . 2017. Cap.2, p.12-30. Dissertation (Masters Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI¹.

The use of cover crops is an important strategy for the management of soils in the Cerrado. For this, it is necessary to know the adaptation and the productive potential of the species in different edaphoclimatic conditions of this Biome. Thus, the work had the objective evaluated the agronomic potential of cover crops cultivated in a dystrophic Yellow Latosol in the Cerrado of Piauí. The experiment was conducted from January 2015 to July 2016. The experimental design was in randomized block with eleven treatments and four replicates. The treatments consisted of six species of fabaceae, two of poaceae, two mixes and spontaneous vegetation (control). The plants used were: *Crotalaria juncea* (*C. juncea*), *Crotalaria spectabilis* (*C. espectabilis*), *Crotalaria ochroleuca* (*C. ochroleuca*), *Cajanus cajan* (gandu an o), *Cajanus cajan* (gandu fava larga) and *Mucuna aterrima* (black mucuna). The poaceae were: *Brachiaria ruziziensis* (braquiaria) and *Pennisetum glaucum* (milheto) and the mixed: milheto + *crotalaria espectabilis*, milheto + *crotalaria ochroleuca*. The following evaluations were carried out: dry mass production, nutritional composition of the plants, nutrient extraction by dry mass produced and evaluation of the decomposition of the dry mass produced for each species. The higher dry matter production was obtained with the species of *C. juncea*, guandu fava larga, milheto and braquiaria. The lower dry matter production was obtained with black mucuna, spontaneous vegetation and mixed of *crotalaria espectabilis* + milheto. The higher accumulation of nutrients in the plants occurred in: guadu fava larga, *C. juncea* and *C. espectabilis*. The cover plants studied presented good potential for soil protection, due to the permanence of residues on the surface, except for black mucuna and *C. espectabilis*.

Keywords: nutrient cycling, residues, legumes, grasses

¹Adviser: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

1. INTRODUÇÃO

A região sudoeste do Piauí faz parte da fronteira agrícola brasileira denominada de MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) com participação nacional em ascendência (9,4% de grãos na safra 2014/2015) na produção de soja, milho e algodão (Mingoti et al., 2014). Embora exista este potencial produtivo, muitas recomendações técnico-científicas para o manejo dos sistemas agrícolas são provenientes de outras regiões do país, com condições edafoclimáticas distintas.

Sistemas de produção mais eficientes no uso dos recursos naturais e que não comprometam a sustentabilidade dos ecossistemas devem ser priorizados visando atender a demanda crescente por alimentos, fibras e energia (Balbino et al., 2012). Um dos preceitos básicos que garante a sustentabilidade dos sistemas agrícolas é a presença de palha na superfície do solo, por proteger contra a erosão causada pelo vento e água e contribui para aumentar os teores de matéria orgânica do solo (Blanco-Canqui et al., 2013).

Para o manejo da cobertura do solo em áreas agrícolas é preciso conhecer os fatores relacionados à decomposição dos resíduos, assim como, fatores edafoclimáticos, relação C/N do resíduo, teores de lignina e polifenóis, adição de N inorgânico ao solo e contato do resíduo ao solo (Rodrigues et al., 2015). Todos esses fatores devem ser considerados para a seleção das plantas de cobertura a serem utilizadas no sistema agrícola, pois, interferem no tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo e na liberação dos nutrientes.

O uso das plantas de cobertura em sistema de rotação com culturas anuais proporciona diversos benefícios ao sistema produtivo, com destaque para a ciclagem de nutrientes (Tiecher et al., 2012), a proteção do solo contra impacto da gota e redução da formação de crostas (Dalla Rosa et al., 2013) e como consequência redução dos processos erosivos (Nielsen et al., 2016). Além disso, observa-se estreita relação entre a quantidade de resíduos de culturas e qualidade do solo em sistemas agrícolas (Turmel et al., 2015). Outro benefício da cobertura do solo, é o aumento dos teores de matéria orgânica do solo (Ferreira et al., 2016), que proporcionam melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e mitigam os impactos ambientais causados pelo uso do solo (Madari et al., 2005).

No que se refere à ciclagem de nutrientes, a quantidade de elementos acumulada na planta é proporcional à massa seca produzida, variando entre as espécies, pela

eficiência de absorção (Cavalcante et al., 2012). Porém, para a eficiência na ciclagem dos elementos essenciais às plantas, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo das plantas de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (Barbosa et al., 2015).

Embora as características dessas espécies de coberturas sejam bem conhecidas, pouco se sabe sobre o crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes associados à biomassa vegetal e sua disponibilidade às culturas sucessoras nas condições edafoclimáticas do cerrado piauiense. Portanto, a hipótese deste trabalho é que as plantas de coberturas do solo, sob condições de clima tropical com inverno quente e seco, produzem massa seca em quantidade e qualidade diferentes, afetando a liberação de nutrientes ao solo durante sua decomposição.

O conhecimento da capacidade de crescimento e acúmulo de nutrientes das plantas de cobertura nessa região pode contribuir para sincronizar a oferta de nutrientes dessas fontes com a demanda das culturas, o que funcionará como ferramenta para o manejo racional do solo. Com isso, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção de massa seca, composição nutricional e a decomposição dos resíduos vegetais das coberturas do solo cultivadas em um Latossolo Amarelo no Cerrado piauiense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Baixa Grande do Ribeiro, PI, com coordenadas 08°42'54,2'' S e 45°01'41,4'' W e 495 m de altitude. O clima da região é quente e úmido (Cwa), com temperatura média anual é de 26,6 °C e a precipitação média de 900 a 1.300 mm ano⁻¹. Os meses de fevereiro a abril são os mais chuvosos e de julho a novembro os mais secos (Andrade Junior et al., 2004). O solo é um Latossolo Amarelo distrófico. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m para a caracterização química e granulométrica do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química e granulométrica de solo antes da implantação do experimento.

Profundidade (m)	pH	P -- mg dm ⁻³ --	K g dm ⁻¹	MO g dm ⁻¹	Ca ----- cmol _c dm ⁻³ -----	Mg ----- cmol _c dm ⁻³ -----	Al ----- cmol _c dm ⁻³ -----	CTC %	V %	Areia ----- g kg ⁻¹ -----	Silte ----- g kg ⁻¹ -----	Argila ----- g kg ⁻¹ -----
0,00 – 0,10	6,1	30,1	3,7	34,0	2,0	1,8	0,2	5,1	47	690	66	244
0,10 – 0,20	5,9	21,4	3,0	34,0	1,9	1,5	0,3	4,6	46	656	77	267
0,20 – 0,40	5,4	10,5	2,2	33,7	0,8	0,2	0,5	3,5	29	-	-	-

P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; CTC: capacidade de troca de cátion; V: saturação de bases.

Realizou-se monitoramento diário da precipitação, com pluviômetro instalado na área experimental, com apresentação da precipitação acumulada mensal (Figura 1).

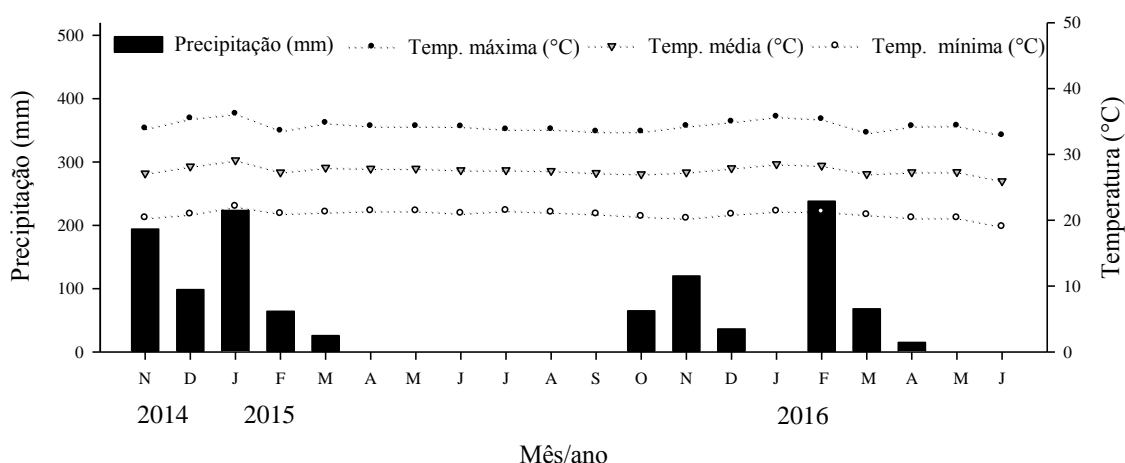


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperaturas registradas na área experimental, durante o período de estudo.

Os tratamentos foram espécies de plantas de cobertura, sendo utilizadas as fabáceas *Crotalaria juncea* L. (*C. juncea*), *Crotalaria spectabilis* (*C. spectabilis*), *Crotalaria ochroleuca* (*C. ochroleuca*), *Cajanus cajan* (guandu anão), *Cajanus cajan*

(guandu fava larga), *Mucuna aterrima* (mucuna-preta). As poáceas *Braquiaria ruziziensis* (braquiária) e *Pennisetum glaucum* (milheto). Os consórcios: 1) milho + crotalária *espectabilis* e 2) milho + crotalária ochroleuca. E a testemunha, composta por vegetação espontânea (com predomínio das seguintes espécies: *Borreria verticillata*, *Commelina nudiflora*, *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica* e *Senna obtusifolia*).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, em parcelas de 12 m x 12,5 m. As parcelas foram constituídas pelas plantas de coberturas, e as subparcelas, por épocas de avaliação.

A área experimental foi desmatada em 1990 e cultivada com a cultura de caju até 2010. Em 2011, eliminou-se a cultura do caju e realizou-se o preparo do solo, com uma passada de grade aradora e uma de grade niveladora, para a implantação de pastagens (*Urochloa brizantha*), a qual permaneceu na área até o ano 2013. Na safra 2013/2014, sobre a palhada de braquiária foi cultivada soja (cultivar Paragominas RR). Para este cultivo, houve preparo do solo com duas passadas de grade niveladora, para incorporação de 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com PRNT de 85%. No momento da semeadura a adubação da área experimental foi realizada, com 173,4 kg ha⁻¹ de K₂O (fonte KCl), 22,5 kg ha⁻¹ de enxofre (fonte Sulfogran 90[®]), 0,45 kg ha⁻¹ de boro (fonte Borogran) e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fonte Super fosfato simples), conforme recomendação de Souza e Lobato (2004).

A semeadura das espécies de cobertura foi realizada a lanço no início de janeiro de 2015, com incorporação das sementes com uma passada de grade niveladora. As quantidades de sementes utilizadas foram: braquiária: 3,5 kg ha⁻¹; *C. juncea*: 30 kg ha⁻¹; *C. spectabilis*: 15 kg ha⁻¹; guandu anão: 45 kg ha⁻¹; milho: 35 kg ha⁻¹; mucuna-preta: 60 kg ha⁻¹; guandu fava-larga: 60 kg ha⁻¹; crotalária ochroleuca: 10 kg ha⁻¹; consórcio de crotalária *espectabilis* + milho: 9,0+5,0 kg ha⁻¹ e milho + crotalária ochroleuca: 4+8 kg ha⁻¹.

As plantas foram dessecadas na maturação, aos 183 dias após a semeadura (DAS) com utilização de duas formulações comerciais, a base de glifosato potássico, na dose de 2,0 L ha⁻¹. Em seguida, aplicou-se herbicida a base de flumioxazina[®], na dose de 0,1 L ha⁻¹.

A determinação da massa seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura ocorreu aos 57, 134 e 183 dias após a semeadura, com amostragem de 0,5 m² em cada

parcela. Cortou-se a biomassa das plantas rente ao solo e coletou-se o material sobre a superfície do solo, com secagem em estufa à 65 °C, até atingir massa constante.

Para quantificar a concentração de nutrientes na parte aérea das plantas, quatro plantas foram selecionadas de forma aleatória, coletadas e secas em estufa a 65 °C até obter massa constante. Após a pesagem, o material foi triturado em moinho tipo Wiley, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe e Mn. O teor de N foi determinado pelo método Kjeldahl (Detmann et al., 2012). Para a análise dos demais nutrientes, utilizou-se a digestão nitroperclórica (Vitti et al., 2000), sendo o P determinado pelo método colorimétrico com azul de molibdênio, o K por fotometria de chama, e Ca, Mg, Zn, Fe e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica (Silva, 2009).

O acúmulo de nutrientes foi obtido a partir dos teores no tecido vegetal e da quantidade de massa seca produzida em cada espécie de cobertura.

A decomposição da MS da cobertura das espécies foi avaliada aos 117, 263 e 314 dias após a dessecação, em quatro repetições de 0,5 m² por parcela. Cortou-se a biomassa das plantas rente ao solo e coletou-se o material sobre a superfície do solo, com secagem em estufa à 65 °C, até atingir massa constante.

A decomposição da palhada em função do tempo foi determinada pela MS das plantas em diferentes épocas (0, 117, 263 e 314 dias após a dessecação), obtendo-se o percentual de MS remanescente na superfície do solo. Com esses dados, estimaram-se as taxas da decomposição diária (k) por modelos de regressão propostos por Wieder e Lang (1982). Para o ajuste dos dados utilizou-se o modelo exponencial de primeira ordem, proposto por Olson, (1963): $y = a * \exp^{-kt}$; em que: y = % remanescente de resíduos na superfície do solo, t = tempo de permanência do resíduo no campo em dias, a = massa da cobertura no tempo zero e k é a taxa da decomposição diária. A partir dos valores da constante de decomposição da matéria seca, estimou-se o tempo de meia vida ($t_{1/2}=0,693/k$) de cada compartimento.

Os dados de MS e o conteúdo de nutrientes da parte aérea das plantas foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F a 5 %. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$) utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para os fatores: plantas de cobertura, épocas de amostragem e a interação entre plantas de cobertura e épocas de amostragem, para as variáveis produções de MS e nutrientes na parte aérea (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância (valores de F) para matéria seca e extração de nutrientes das diferentes plantas de cobertura.

Fonte de variação	MS	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Blocos	0,49 ^{ns}	2,40 ^{ns}	20,32*	27,52*	105,96*	5,28*	0,12 ^{ns}	7,97*	2,68 ^{ns}
P.C	7,62*	7,42*	7,02*	14,59*	2,80*	8,05*	4,58*	7,37*	7,71*
CV (%)	30,08								
E.A	80,48*	78,91*	74,52*	134,80*	28,91*	87,36*	69,82*	76,27*	80,44*
P.C x E.A	2,59*	2,53*	2,35*	6,91*	0,99 ^{ns}	2,82*	2,60*	2,53*	2,60*
CV(%)	24,67								
Total	219								

P.C: plantas de cobertura; CV: coeficiente de variação; E.A: época de amostragem; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo. MS: massa seca; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

A quantidade de MS das plantas de cobertura, com exceção do consórcio de *C. spectabilis* + milho, foi maior que 6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3), quantidade apontada como mínima ideal em um sistema de plantio direto com rotação de culturas (Calegari e Donizeti, 2014). A MS média para todas as espécies testadas foi de 8,14 Mg ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Produção de massa seca (MS) e relação C/N das plantas de cobertura utilizadas no estudo aos 183 dias após semeadura.

Plantas de cobertura	MS (Mg ha ⁻¹)	Relação C/N*
Vegetação espontânea	6,7 c	-
<i>C. juncea</i>	12,5 a	32
<i>C. spectabilis</i>	7,3 b	26
<i>C. ochroleuca</i>	7,9 b	25
Guandu anão	7,5 b	19
Guandu fava larga	8,7 b	25
Mucuna-preta	6,6 c	17
Braquiária	8,3 b	29
Milheto	7,9 b	30
<i>C. spectabilis</i> + Milheto	5,6 c	28
<i>C. ochroleuca</i> + Milheto	7,5 b	28
Média	8,1	25,9

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). * Os dados de relação C/N foram obtidos para fins da caracterização das diferentes plantas de cobertura.

A *C. juncea* foi a espécie com maior produção de MS (12,5 Mg ha⁻¹) em relação às demais plantas de cobertura. Essa produção pode estar atribuída ao grande desenvolvimento e produção do componente colmo, o que também pode ter propiciado a maior relação C/N no final do ciclo das plantas, quando comparado aos demais

tratamentos, conforme se observa na Tabela 3. Assim, restos vegetais com relação C/N maior que 25, geralmente, apresentam imobilização do N e velocidade de decomposição relativamente lenta, ao contrário de restos vegetais com relação C/N menor que 25, que têm mineralização de N e rápida decomposição (Teixeira et al., 2012).

Para uma mesma espécie de planta de cobertura, a produção de massa seca pode variar em função do local de cultivo, condições climáticas e fertilidade do solo. Dessa forma, em um estudo realizado na região Centro-Oeste a produção de crotalária juncea foi de 8,9 Mg ha⁻¹ de MS (Pittelkom et al., 2012), valor menor que o observado neste trabalho. Por outro lado, Padovan et al. (2015) ressaltam a elevada produção de MS, dessa leguminosa, nas diferentes regiões de Dourados e Itaquiraí, MS, as quais foram de 12,9 e 11,7 Mg ha⁻¹, respectivamente, o que pode ser atribuído à maior pluviosidade nessas regiões durante o desenvolvimento da cultura.

O consórcio de *C. spectabilis* + milho apresentou menor produção de MS (5,6 Mg ha⁻¹) do que o cultivo solteiro dessas espécies. Quando cultivados solteiros, o milho, a *C. spectabilis* e a *C. ochroleuca* produziram 7,9, 7,3 e 7,9 Mg ha⁻¹ de MS, respectivamente. Soratto et al. (2012), verificaram produção superior de MS de milho (14,4 Mg ha⁻¹), da crotalária juncea (8,1 Mg ha⁻¹) e do consórcio de milho com a crotalária juncea (8,5 Mg ha⁻¹) sob um Nitossolo Vermelho no município de Botucatu, SP.

A produção de MS da vegetação espontânea foi de 6,56 Mg ha⁻¹, valor semelhante as espécies de plantas de cobertura utilizadas, com exceção da *C. juncea* que apresentou maior produção. Isso demonstra que as espécies utilizadas encontram-se adaptadas às condições ambientais do Cerrado, logo, apresentam potencial de utilização para o cultivo no Cerrado piauiense.

Quanto à concentração de nutrientes da parte aérea das plantas avaliadas, verificaram-se diferenças para os teores de N, Ca e Fe (Tabela 4). A concentração de N variou de 20,7 g kg⁻¹ até 43,4 g kg⁻¹ (massa seca). Os maiores teores ocorreram na *C. spectabilis*, seguida pela mucuna-preta, guandu fava larga, *C. ochroleuca* e guandu anão, as quais diferiram dos demais tratamentos (vegetação espontânea, crotalária juncea, braquiária, milho e os consórcios de milho com crotalária *spectabilis* e crotalária *ochroleuca*) (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de nutrientes na massa seca da parte aérea das plantas de cobertura utilizadas no estudo.

Plantas de cobertura	-----Macronutrientes-----					-----Micronutrientes-----		
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	----- g kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----		
Vegetação espontânea	25,7 b	3,4 ^{ns}	10,9 ^{ns}	23,5 a	4,2 ^{ns}	301 a	45,2 ^{ns}	43,6 ^{ns}
C. juncea	22,0 b	4,0	12,0	26,9 a	4,2	141 c	39,3	32,9
C. spectabilis	43,4 a	4,0	13,9	37,9 a	4,5	277 a	50,9	45,1
C. ochroleuca	40,0 a	4,0	14,2	3,4 c	4,8	206 b	45,8	38,2
Guandu anão	34,6 a	3,9	9,9	27,9 a	4,6	225 b	43,8	50,5
Guandu fava larga	41,7 a	3,8	12,3	24,2 a	4,6	228 b	45,4	43,3
Mucuna-preta	40,2 a	3,9	11,4	12,9 b	3,2	240 b	54,9	48,2
Braquiária	29,9 b	2,7	13,9	22,6 a	4,4	289 a	50,8	50,6
Milheto	20,7 b	3,7	11,2	22,1 a	3,5	237 b	43,2	45,2
C. spectabilis + Milheto	26,3 b	3,8	14,1	21,8 a	4,2	370 a	37,8	43,2
C. ochroleuca + Milheto	25,6 b	3,6	15,1	27,1 a	3,9	141 c	51,7	51,4

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Entre as espécies de fabaceas, a *C. juncea* apresentou as menores concentrações de N (22,0 g kg⁻¹), fato que está relacionado aos maiores teores de fibra e lignina desta espécie. Em contrapartida, a *C. spectabilis* foi à espécie que apresentou maior teor de N no tecido vegetal (43,4 g kg⁻¹), relacionado com a menor relação C/N desta espécie (Tabela 3). Alguns estudos mostram que fabáceas arbóreas, com maiores teores de C e lignina no tecido, tendem a apresentar menor concentração de N se comparadas as espécies herbáceas (Rodrigues et al., 2012). Os resultados das leguminosas obtidos por Cavalcante et al. (2012) foram inferiores aos obtidos no presente estudo, devido a área estava em pousio, enquanto neste trabalho a área estar em manejo há aproximadamente cinco anos, com a cultura da soja. Em contrapartida, Leite et al. (2010) verificaram, estudando decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense que as espécies braquiária, milheto e vegetação espontânea apresentaram teores mais elevados. Ressalta-se que as condições locais favorecem uma espécie não apenas em comparação com as outras, mas também entre as plantas de uma mesma espécie.

As concentrações de P, K, Mg, Mn e Zn na parte aérea foram semelhantes entre as plantas de cobertura avaliadas (Tabela 4). O P variou de 2,7 g kg⁻¹ na braquiária a 4,0 g kg⁻¹ na *C. spectabilis*. Já o K, variou de 9,9 g kg⁻¹ no guandu anão a 14,2 g kg⁻¹ na *C. ochroleuca*. Os teores de Ca apresentaram diferença com os maiores valores na *C. spectabilis* (38 g kg⁻¹) e menores na *C. ochroleuca* (3,0 g kg⁻¹). Quanto aos micronutrientes, o Fe foi o único nutriente que apresentou diferenças entre as espécies de plantas estudadas (Tabela 4).

Houve diferenças significativas para acúmulo de N, P, K e Ca e não significativa para Mg na parte aérea das plantas de cobertura (Tabela 5).

Tabela 5. Acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cobertura utilizadas no estudo.

Plantas de cobertura	N	P	K	Ca	Mg
	----- kg ha ⁻¹ -----				
Vegetação espontânea	168 b	21,9 b	72 b	152 c	27,9 ns
C. juncea	274 a	49,7 a	151 a	335 a	52,3
C. spectabilis	316 a	30,1 b	108 a	269 a	34,6
C. ochroleuca	315 a	31,2 b	111 a	25 c	37,2
Guandu anão	260 a	29,4 b	75 b	210 b	34,4
Guandu fava larga	363 a	32,6 b	105 a	208 b	40,9
Mucuna-preta	269 a	25,6 b	75 b	86 c	21,0
Braquiária	253 a	22,9 b	118 a	183 b	36,6
Milheto	163 b	29,6 b	89 b	174 b	27,8
C. spectabilis + Milheto	144 b	21,3 b	78 b	124 c	23,5
C. ochroleuca + Milheto	188 b	29,2 b	112 a	205 b	30,0

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Entre as espécies cultivadas solteiras, a menor acumulação de N ocorreu no milheto com 162,8 kg ha⁻¹, sendo equivalente à vegetação espontânea. Isso ocorreu pela baixa concentração de N presente no tecido vegetal do milheto. O guandu fava larga apresentou a maior quantidade de N total extraído (363 kg ha⁻¹), seguido pela C. spectabilis (315 kg ha⁻¹) e C. ochroleuca (315 kg ha⁻¹), que não diferiu da C. juncea (274 kg ha⁻¹), braquiária (252 kg ha⁻¹) e mucuna-preta (269 kg ha⁻¹), o que corrobora os resultados observados por Cavalcante et al., (2012), que verificaram maior quantidade de N total extraído em guandu fava larga, quando cultivado município de Arapiraca (AL).

Os acúmulos de N observados neste trabalho são similares aos encontrados por Rodrigues et al. (2012), que relatam acúmulos de N entre 168 a 473 kg ha⁻¹ no estado do Mato Grosso do Sul. Por outro lado, Cavalcante et al. (2012) constataram acúmulos variando de 65 a 218 kg ha⁻¹ de N para os tratamentos com vegetação espontânea, C. juncea, C. spectabilis, guandu fava larga e anão, labe-labe, feijão-de-porco e mucuna-preta em área de pousio.

O acúmulo de P pelas espécies avaliadas foi muito semelhante, com maior extração na C. juncea (49,7 kg ha⁻¹) em relação às demais espécies, que acumularam de 21,3 kg ha⁻¹ até 32,6 kg ha⁻¹ de P (Tabela 5). Os maiores acúmulos de K ocorreram na C. juncea, C. spectabilis, C. ochroleuca, guandu fava larga, braquiária e no consórcio C. ochroleuca e milheto, totalizando de 112 a 151 kg ha⁻¹ do elemento. Os menores acúmulos foram 74,63 kg ha⁻¹ no guandu anão.

A seleção das espécies deve ser realizada em função da finalidade (ciclagem de nutrientes ou produção de massa seca), uma vez que para as espécies solteiras e para os consórcios testados observaram-se acúmulos de nutrientes e produção de massa seca diferenciada. O uso das plantas de cobertura em consórcio torna-se uma opção interessante para implantação em sistemas de sucessão ou rotação de culturas no cerrado. Na combinação crotalária ochroleuca + milheto, por exemplo, houve produção de massa seca satisfatória ($7,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) e bom aporte de nutrientes (Tabela 5). Pode-se dessa forma, aproveitar os benefícios da utilização de plantas de cobertura, como proteção do solo e ciclagem de nutrientes para utilização pelas culturas sucessoras, proporcionando incrementos em produtividade e economia de adubação.

A variação temporal do acúmulo de MS mostra com crescimento inicial lento, posteriormente passando para um período de rápido crescimento até atingir o máximo por ocasião do ponto de maturação (Figura 2).

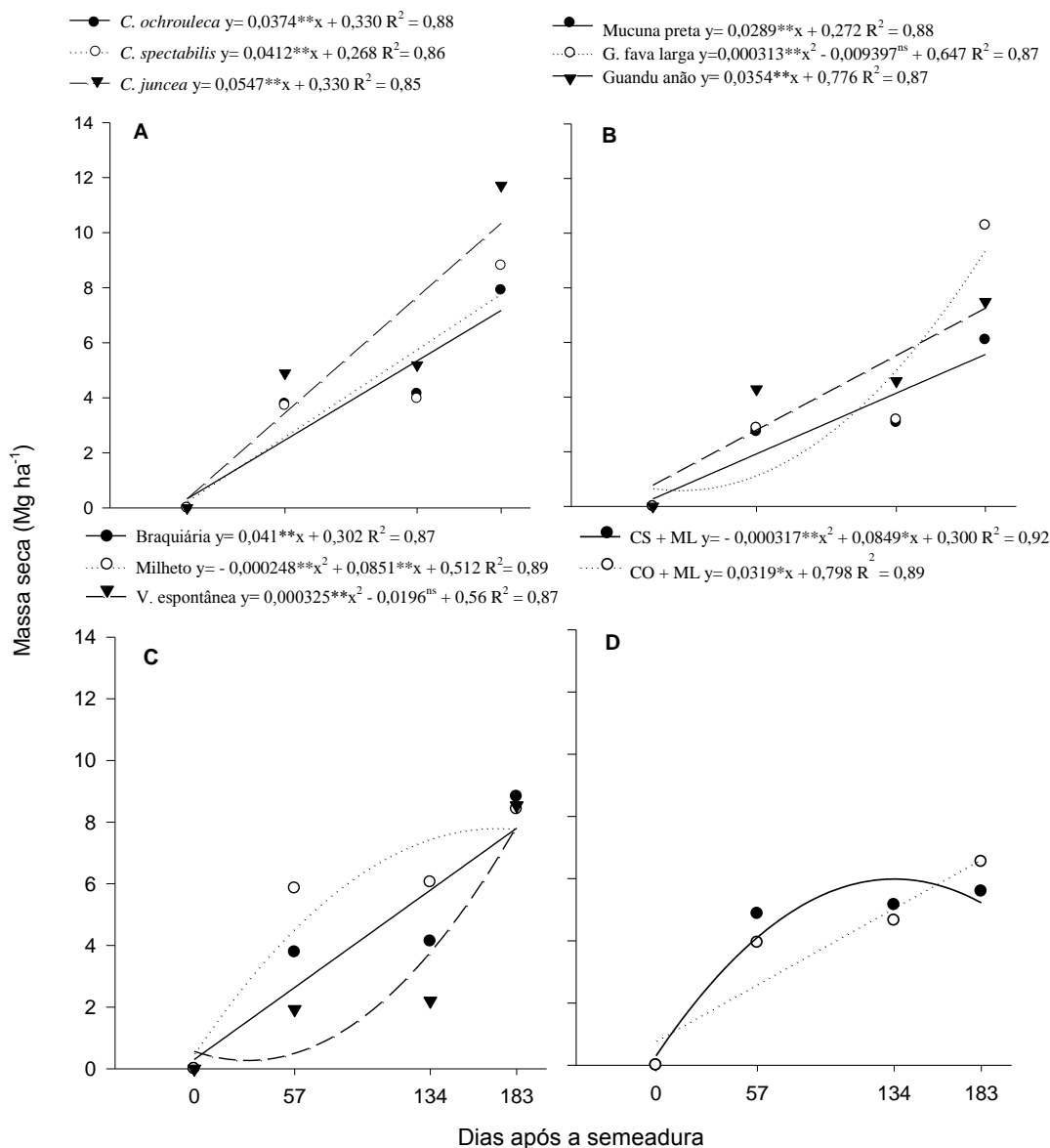


Figura 2. Produção de massa seca (MS) das plantas de cobertura em função do tempo.

Observa-se o maior pico de produção de MS para *C. juncea* (Figura 2A), guandu fava larga (Figura 2B), vegetação espontânea e braquiária (Figura 2C) o que se associa com a elevada produção de MS. As demais espécies apresentaram um pico de produção menor. Merecem destaque as espécies que produziram elevada quantidade de massa seca e apresentaram baixa decomposição, ou seja, mantiveram menor redução da MS produzida até o final da avaliação aos 314 dias após o manejo (DAM) (Figura 3). Essas espécies foram: os consórcios de crotalária espectabilis + milho, crotalária ochroleuca + milho, guandu anão, *C. ochroleuca*, guandu fava larga e milho, com tempo de ½ vida de 407, 346, 330, 315 e 301 dias, respectivamente (Figura 3). Com exceção do guandu anão que apresentou relação C/N igual a 19, os demais tratamentos

apresentaram relação C/N igual ou maior que 25 (Tabela 2), o que justifica a menor decomposição (Teixeira et al., 2012).

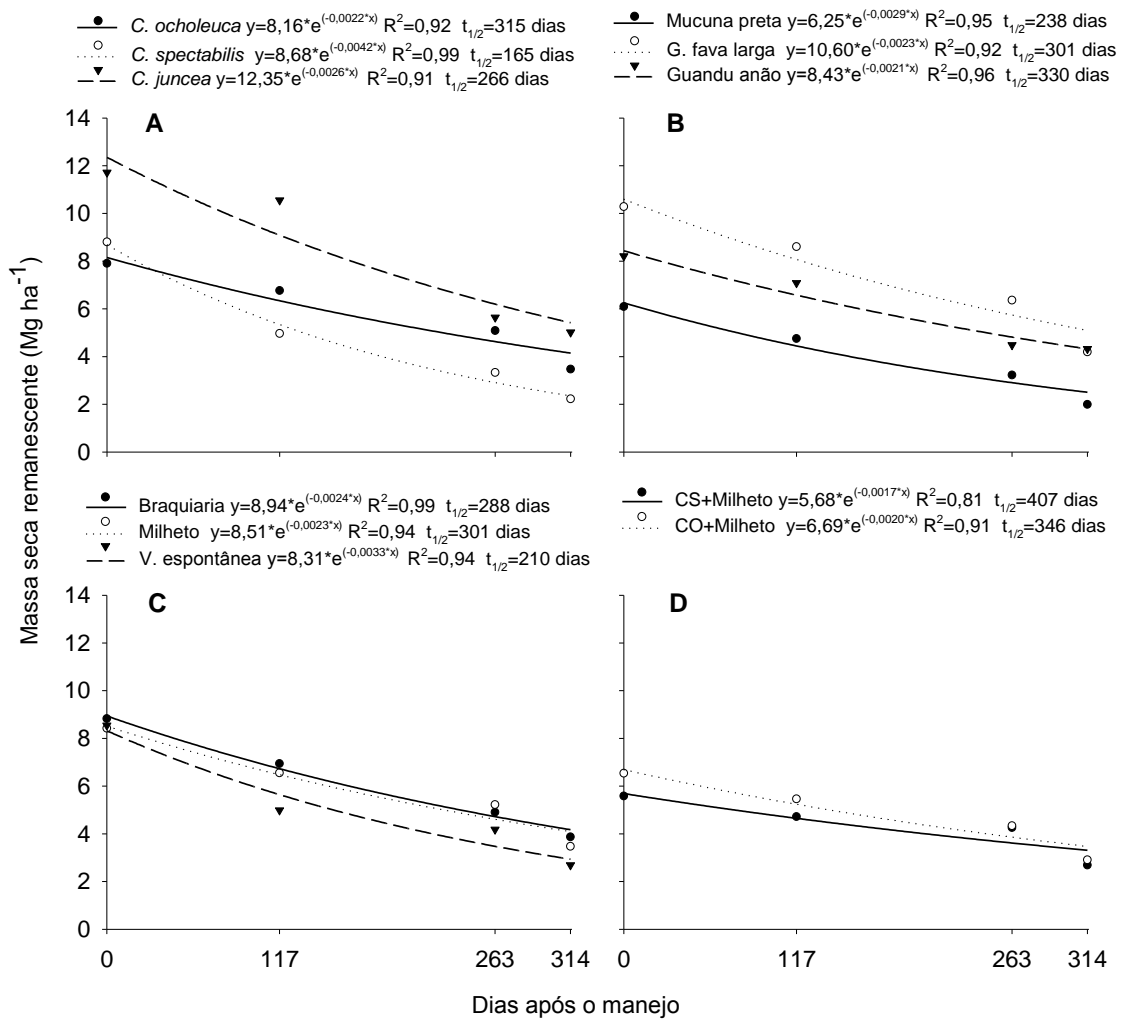


Figura 3. Decomposição das plantas de cobertura após realização da dessecação.

O uso de consórcios permite incorporar, ao sistema, os benefícios das espécies que o compõem podendo ser uma alternativa favorável aos sistemas de plantio direto. De acordo com Bonjorno et al. (2011) o desempenho satisfatório do consórcio deve-se ao efeito de complementaridade entre as diferentes espécies utilizadas. Por apresentarem diferenças quanto ao ciclo de desenvolvimento, área de exploração radicular, capacidade de competição e exigência nutricional, elas não competem entre si pelos fatores indispensáveis ao desenvolvimento. Aita e Giacomini, (2003) enfatizam que a redução da taxa de decomposição dos resíduos dos consórcios, em comparação à leguminosa solteira, possibilita a permanência de resíduos culturais sobre o solo por

mais tempo, o que contribui para a manutenção de umidade e a proteção do solo contra processos erosivos.

Conhecer a dinâmica temporal do acúmulo e decomposição da MS das diferentes plantas de cobertura torna-se relevante para gerenciar os sistemas agrícolas no Cerrado, principalmente, na escolha das espécies a serem utilizadas e no momento ideal de implantar a cultura sucessora, de forma a coincidir a decomposição e liberação de nutrientes pelas plantas de cobertura com a época de maior demanda pela cultura sucessora. Portanto, quando se deseja persistência de resíduos na superfície do solo, o desejado é alta produção de massa seca, o suficiente para cobrir a superfície do solo e baixa decomposição, o que pode ser obtido com o uso de resíduos com alta relação C/N.

As espécies que apresentaram maior decomposição foram: *C. spectabilis*, vegetação espontânea e mucuna-preta com tempo de $\frac{1}{2}$ vida de 165, 210 e 238 dias após o manejo (DAM), respectivamente (Figura 3). Essas espécies apresentaram média de produção de MS igual a $6,8 \text{ Mg ha}^{-1}$. Entretanto, apesar da boa produção MS, verifica-se velocidade de decomposição muito acelerada (Figura 3). Resultados contrários foram observados por Torres et al. (2008) também em região de Cerrado, onde as leguminosas (guandu e crotalária) se decompueram mais lentamente, quando comparadas a braquiária.

A velocidade de decomposição não está relacionada somente com a relação C/N, pois, a crotalária *spectabilis* apresentou relação C/N mais elevada (26) se comparada a mucuna preta (17). Além da relação C/N, os teores de lignina, de polifenóis e a composição química são fatores que afetam a velocidade de decomposição dos resíduos culturais das plantas de cobertura (Lima Filho et al., 2014). Essas características, juntamente com estágio de desenvolvimento da espécie no momento da dessecação (Padovan et al., 2015), e as condições climáticas durante o período avaliado (Espindola et al., 2006), permitem conhecer a capacidade de cada espécie em manter a cobertura vegetal sobre o solo.

Em termos de perdas relativas de MS das palhadas, aos 314 dias após a dessecação, estabeleceu-se a seguinte ordem decrescente de decomposição: i) poáceas - braquiária (83%) > milheto (81%); ii) fabaceas - *C. spectabilis* (95%) > mucuna preta (88%) > crotalária juncea (85%), guandu fava larga (81%), *C. oroleuca* e guandu anão (79%); e iii) consórcios - crotalária *ocroleuca* + milheto (76%) > *C. spectabilis* (71%) e por fim vegetação espontânea (91%). Na região dos Cerrados, mesmo quando a palhada é constituída de gramíneas, a sua decomposição é acelerada, dificultando a

manutenção da cobertura de solo nesse ambiente em virtude do clima sendo este caracterizado por inverno seco, altas temperaturas no decorrer do ano e estação seca prolongada.

Vale ressaltar que, para a seleção das espécies, existem diversos aspectos relevantes a serem considerados, como por exemplo: taxa de formação e decomposição da palhada, liberação de nutrientes e controle de pragas e doenças, entre outras.

4. CONCLUSÕES

As espécies de plantas de cobertura avaliadas apresentam potencial adequado ao uso em rotação de culturas no sistema de plantio direto no Cerrado piauiense.

As plantas de cobertura diferenciam-se quanto ao acúmulo de nutrientes (N, P, K e Ca), destacando-se as crotalárias juncea e spectabilis, guandu anão e guandu farva larga e mucuna-preta.

A mucuna-preta e crotalária spectabilis apresentaram decomposição mais acelerada. Em contrapartida, os consórcios de crotalária spectabilis + milho e crotalária oroleuca + milho, permanecem por mais tempo na superfície do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA C.; GIACOMINI S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, p. 601-612, 2003.
- ANDRADE JUNIOR, A.S.; BASTOS E. A.; BARROS A. H.; FIGUEIREDO JÚNIOR, L. G.; OLIVEIRA C.; GOMES, A. A.; PEIXOTO, L. O. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí**. Teresina, Embrapa Meio-Norte. 2014. p. 151.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agrônomicas**, v.138, p.1-18, 2012.
- BARBOSA, B. W. L.; FREITAS, R. S. D.; MATEUS, G. P.; AS, M. E. D.; ALVES M.C. Produção de soja e milho cultivados sobre diferentes coberturas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, p. 89-98, 2015.
- BLANCO-CANQUI, H.; HOLMAN, J. D.; SCHLEGEL, A. J.; TATARKO, J.; SHAVER, T. M. Replacing fallow with cover crops in a semiarid soil: Effects on soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, p. 1026–103, 2013.
- BONJORNO, I. I.; MARTINS, L. A. O.; LANA, M. A.; COMIN, J. J.; ALTIERI, M. A.; LOVATO, P. E.; VON HERTWIG BITTENCOURT, H. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **ABA-Agroecologia**, v. 5, p. 99-108, 2011.
- CALEGARI, A.; DONIZETI, J. A. C. Recomendações de plantio e informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A.D. (Org.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Práticas**. 1ª.ed. Brasília, DF: Embrapa. 2014. v. 2, p. 453-478.
- CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A.L.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 521-528, 2012.
- DALLA ROSA, J.; COOPER, M.; DARBOUX, F.; MEDEIROS, J. C. Processo de formação de crostas superficiais em razão de sistemas de preparo do solo e chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 400-410, 2013.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S. **Métodos para análise de alimentos - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco. Suprema: Brasil; 2012. p. 214.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 30, p. 3122-328, 2006.

FERREIRA, A. O.; AMADO, T.; RICE, C. W.; DIAZ, D. A. R.; KELLER, C.; INAGAKI, T. M. Can no-till grain production restore soil organic carbon to levels natural grass in a subtropical Oxisol? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 229, p. 13-20, 2016.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: Sistema de análise de variância versão 5.6**. Lavras: UFLA/DEX, 2011.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. D. C. A.; SAGRILO, E.; SILVA GALVÃO, S. R. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 29-35, 2010.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI F.; CARLOS J. A.D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 1^a. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 507.

MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from Southern Brasil. **Soil & Tillage Research**, v. 80, p. 185-200, 2005.

MINGOTI, R., BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. **Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2014. 2p. Nota técnica.

NIELSEN, D. C.; LYON, D. J., HIGGINS, R. K.; HERGERT, G. W.; HOLMAN, J. D.; VIGIL, M. F. Cover crop effect on subsequent wheat yield in the Central Great Plains. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 243-256, 2016.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, p. 322-331, 1963.

PADOVAN, M.P.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FELISBERTO, G.; CARNEIRO, D. N. M.; SÁ MOTTA, I. Dinâmica de Acúmulo de Massa e Nutrientes pela Crotalaria juncea para Fins de Adubação Verde e o Estádio Adequado para seu Manejo. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v. 9, p. 1-12, 2014.

PITTELKOW, F. K.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. D. S.; MARASCHIN, L.; VALADÃO, F. C. D. A.; OLIVEIRA, E. D. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Agrarian**, v. 5, p. 212-222, 2012.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E. de, VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S., BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, v. 59, p. 380-385, 2015.

SILVA, F. C. da S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2^a.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M. D.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de

crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1462-1470, 2012.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; GERVASIO PEREIRA, M.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia (Arica)**, v. 30, p. 55-60, 2012.

TIECHER, T.; DOS SANTOS, D. R.; CALEGARI, A. Soil organic phosphorus forms under different soil management systems and winter crops, in a long term experiment. **Soil & Tillage Research**, v. 124, p. 57-67, 2012.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 421-428, 2008.

TURMEL, M. S.; SPERATTI, A.; BAUDRON, F.; VERHULST, N.; GOVAERTS, B. Crop residue management and soil health: A systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 134, p. 6-16, 2015.

VITTI, G. C.; FERREIRA, A. C.; BRAGA, G.; GOMES, M. T. B. **Métodos de análise de elementos em material vegetal**. Piracicaba: Esalq. 2000. p. 28.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63, p. 1636-1642, 1982.

CAPÍTULO 3

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS APORTE DE PALHADA DE PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO

SOUSA, Daiane Conceição de. **Atributos químicos do solo após aporte de palhada de plantas de cobertura**. 2017. Cap.3, p.31-48. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O uso de plantas de cobertura é uma estratégia para manter a capacidade produtiva dos solos agrícolas. Entre os seus benefícios, destacam-se o aumento dos teores de carbono orgânico, ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, aumento da fertilidade do solo. Este trabalho avaliou os atributos químicos do solo em Latossolos Amarelo após a utilização de espécies de plantas de cobertura em sistema de plantio direto, na região do Cerrado piauiense. O experimento foi conduzido de janeiro de 2015 a julho de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de seis espécies de fabáceas, duas de poáceas, dois consórcios e da vegetação espontânea (testemunha). As análises químicas do solo foram realizadas 14 meses após a implantação das espécies de cobertura. As camadas de solo avaliadas foram: 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Determinou-se os teores de fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺), acidez potencial (H⁺Al), carbono orgânico do solo (COT) e pH do solo. Calcularam-se os valores de saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e CTC efetiva. As plantas de cobertura influenciaram positivamente os teores de P, K⁺ e COT, quinze meses após a implantação, sem alterações nos demais atributos químicos avaliados. Os teores de COT foram mais elevados com uso de guandu fava larga, braquiária e consórcio de crotalaria ochroleuca + milho, principalmente na camada superficial do solo. As espécies de crotalaria spectabilis, vegetação espontânea, mucuna preta, braquiária e Crotalaria ochroleuca foram as mais eficientes na ciclagem do elemento potássio.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes; poáceas; fabáceas; fertilidade do solo.

¹Orientador: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

CHAPTER 3

SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AFTER USE OF COVER CROPS

ABSTRACT

SOUSA, Daiane Conceição de. **Soil chemical attributes after use of cover crops**. 2017. Cap.3, p.31-48. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI¹.

The use cover crops is a strategy to maintain the productive capacity of agricultural soils. As benefits, it is highlighted the increase of organic carbon content, nutrient cycling and, consequently, an increase in soil fertility. This work evaluated the chemical attributes of the soil after the use of cover crops species in a no - tillage system in the Cerrado region of Piauí. The experiment was conducted from January 2015 to July 2016. The experimental design was in randomized blocks, with eleven treatments and four replicates. The treatments consisted of six species of fabaceae, two of poaceae, two mixes and spontaneous vegetation (control). The soil chemical analyzes were performed 14 months after the implantation of the cover crop species. The soil layers evaluated were: 0.0-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m. The values of phosphorus (P), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), aluminum (Al³⁺), potential acidity (H + Al), soil organic carbon (OC). The saturation of bases (V%), saturation by aluminum (m%) and effective CTC were calculated. Cover crops plants influenced positively the levels of P, K and OC, fifteen months after their establishment, with no changes in the other evaluated chemical properties. The OC contents were higher with the use of guandu fava larga, braquiaria and mix of *Crotalaria ochroleuca* + milheto, mainly in the top soil. The species of *Crotalaria spectabilis*, spontaneous vegetation, mucuna preta, braquiaria and *Crotalaria ochroleuca* were the most efficient in the cycling of K.

Keywords: nutrient cycling; Poaceae; Fabaceae; soil fertility.

¹Adviser: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

1. INTRODUÇÃO

Os Latossolos são a classe de solos dominante do bioma Cerrado e representam 46% deste bioma (Reatto et al., 1998). Devido à estrutura bem desenvolvida, são solos que apresentam características físicas favoráveis ao uso intenso de maquinário agrícola (Donagemma et al., 2016). Entretanto, apresentam como fator limitante a baixa fertilidade devido à baixa retenção de cátions, em consequência da baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta saturação por alumínio (Pragana, 2011). Contudo, na maioria dos casos a CTC desses solos é dependente quase que exclusivamente da matéria orgânica (Silva e Mendonça, 2007). Portanto, é imprescindível, além de aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, o uso de sistemas de manejo que proporcionem o acúmulo de matéria orgânica, de forma a aumentar o potencial produtivo dos solos (Ribeiro et al., 2011).

Uma forma de elevar os teores de matéria orgânica desses solos é o uso de plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas. As plantas de cobertura favorecem a manutenção e recuperação da capacidade produtiva dos solos, aumentam a fertilidade pela ciclagem de nutrientes, pelo aumento do teor da matéria orgânica e também, pela melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Pacheco et al., 2013; Souza et al., 2013). Além de incrementar N ao sistema pela fixação biológica (Almeida et al., 2014), e disponibilização de micronutrientes (Lima Filho et al., 2014), e, como consequência tem-se o aumento na estabilidade do sistema produtivo ao longo dos anos (Rosa et al., 2015).

A escolha das espécies de plantas de cobertura para obter tais finalidades depende, entre outras características, do potencial de produção de fitomassa e da capacidade de absorver e acumular nutrientes (Pacheco et al., 2011; Wolschick et al., 2016). As Poáceas, que em geral, apresentam relação C/N mais elevada, a taxa de decomposição é mais lenta, o que aumenta a permanência da palha na superfície do solo (Silveira et al., 2010). Porém, no início da decomposição há tendência de maior imobilização de nutrientes, já que a quantidade destes, principalmente de N, disponíveis na palhada não é adequada para microbiota decompositora, o que implica imobilização e diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas (Lopes et al., 2004).

Por sua vez, o emprego de Fabácea, como cultura de cobertura, desempenha um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, especialmente o N nos solos, além de,

possuir taxa de mineralização mais rápida, em consequência da baixa relação C/N (Lima Filho et al., 2014). Este aspecto, aliado à presença de alguns compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização e consequente ciclagem de nutrientes (Siqueira Neto et al., 2010). Cita-se, ainda, o cultivo das espécies consorciadas, o que resulta em material com relação C/N intermediária àquele das espécies isoladas. Foi o que verificaram Teixeira et al. (2010), com o consórcio de milho + feijão-de-porco. O consórcio produziu maior quantidade de matéria seca, contrapondo-se à maior velocidade de decomposição, o que permitiu chegar ao final do estudo com maior quantidade de palha na superfície do solo.

Além do aspecto produção e manutenção de palhada sobre a superfície, alguns esforços da pesquisa têm sido direcionados à avaliação da qualidade do resíduo vegetal proveniente das mais diversas espécies. Em estudo para avaliar mudanças nos atributos químicos do solo sob o cultivo de Poáceas e Fabáceas, foi observado maior potencial de ciclagem de nutrientes nas Poáceas (Silveira et al. 2010). Da mesma forma, Leite et al. (2010), verificaram que devido ao maior acúmulo de matéria seca e de nutrientes, associado à taxa de decomposição lenta, a braquiária mostrou-se mais eficiente na proteção do solo e liberação gradual de nutrientes para as culturas subsequentes. Assim também, Sorrato et al., (2012), verificaram que o milho produziu maior quantidade de fitomassa e acumulou maior quantidade de alguns nutrientes (N, P, K⁺, Mg²⁺, S e Si), porém, a crotalaria foi a espécie que acumulou maior quantidade de Ca.

É fundamental a utilização de espécies produtoras de palhada que mobilizem os nutrientes na camada agricultável, retendo-os em sua fitomassa e os devolvendo ao solo durante a decomposição, havendo necessidade de se avaliar a real contribuição dessas espécies e do seu manejo, com a finalidade de manter ou elevar a fertilidade do solo em regiões com temperaturas mais elevadas. Entretanto, além das características intrínsecas das espécies, o ambiente constitui importante fator na decomposição dos resíduos, assim como na disponibilidade dos nutrientes. Assim, o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as alterações nos atributos químicos do solo por espécies de plantas de cobertura em condições do Cerrado do Piauí.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Tropical, município de Baixa Grande do Ribeiro, PI, com coordenadas 08°42'54,2'' S e 45°01'41,4'' W e 495 m de altitude. O clima da região é quente e úmido (Cwa), com temperatura média anual é de 26,6 °C e a precipitação variando de 900 a 1.300 mm ano⁻¹. Os meses de fevereiro a abril são os mais chuvosos e de julho a novembro os mais secos (Andrade Junior et al., 2004). O solo é um Latossolo Amarelo distrófico de textura média, profundo e bem drenado, em relevo plano, cultivado com soja.

A cobertura vegetal original da área era o Cerrado, com fitofisionomia do tipo Cerradão (vegetação de caráter florestal). O histórico de usos do solo da área experimental e os processos de mudanças do uso da terra, com as respectivas datas de implantação, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Extração de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cobertura utilizadas no estudo.

Usos	Histórico de manejo
Vegetação nativa 1990	Área convertida em sistema agrícola no ano de 1990, a qual foi desmatada e cultivada com a cultura do caju em sistema de plantio convencional com revolvimento intensivo de solo até o ano 2010.
Pastagem 2010	Em 2010 a cultura do caju foi removida, e a área foi revolvida por meio de aração e grade niveladora (sistema de preparo convencional – SPC) com posterior semeadura de <i>Urochloa brizantha</i> . A área permaneceu em pousio com esta espécie, até o ano 2013.
Cultivo da soja 2013	Monocultura de soja desde o final de 2013. Aproximadamente 90 dias antes da semeadura da soja (cultivar Paragominas RR) em sistema convencional, incorporou-se ao solo 2000 kg ha ⁻¹ de calcário dolomítico, PRNT de 85%. Na semeadura, utilizou-se 173,4 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (KCl), 50 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (SFS), 22,5 kg ha ⁻¹ de enxofre (Sulfogran 90 [®]) e 0,45 kg ha ⁻¹ de boro (Borogran [®]).
Sistema plantio direto (PD) 2015	O sistema PD foi implantado em 2015 com diferentes plantas de cobertura para formação da palhada. Em 2016 foi introduzida na área culturas em sistemas de rotação (milho e soja).

O experimento foi implantado em janeiro de 2015. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m para determinação da composição química e granulométrica do solo (Tabela 7).

Tabela 7. Composição química e granulométrica de solo antes da implantação do experimento.

Profundidade (m)	pH	P	K	MO	Ca	Mg	Al	CTC	V	Areia	Silte	Argila
	H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --	-- mg dm ⁻³ --	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	%	%	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----
0,00 – 0,10	6,1	30,1	3,7	34,0	2,0	1,8	0,2	5,1	47	690	66	244
0,10 – 0,20	5,9	21,4	3,0	34,0	1,9	1,5	0,3	4,6	46	656	77	267
0,20 – 0,40	5,4	10,5	2,2	33,7	0,8	0,2	0,5	3,5	29	-	-	-

P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; CTC: capacidade de troca de cátion; V: saturação de bases.

Realizou-se monitoramento diário das temperaturas e da precipitação, com pluviômetro instalado na área experimental, com apresentação da precipitação acumulada mensal (Figura 4).

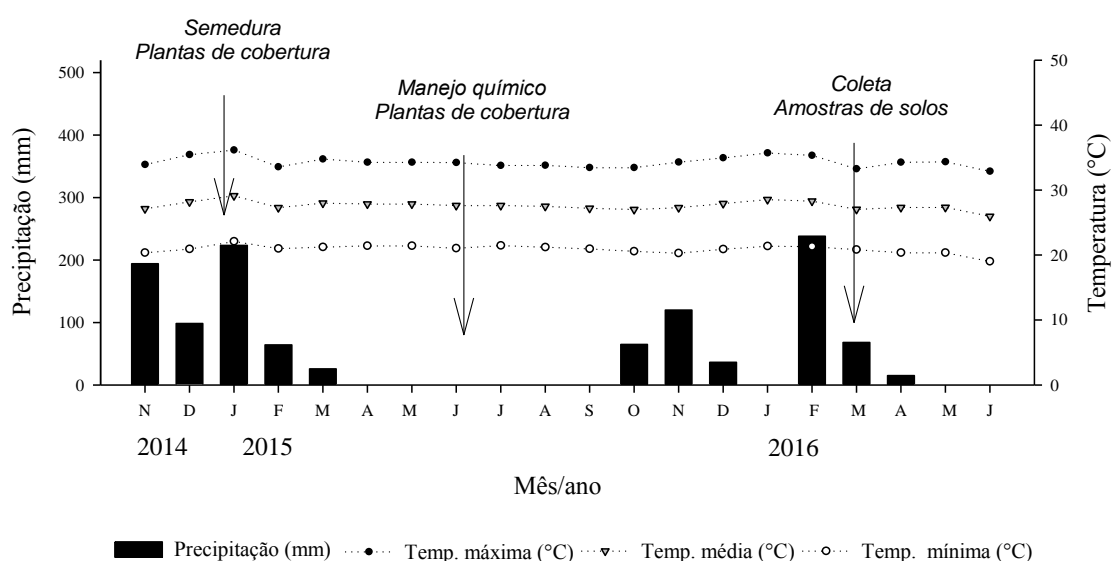


Figura 4. Precipitação pluviométrica e temperatura registrada na área experimental, durante o período de estudo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em parcelas de 12 m x 12,5 m. Os tratamentos, implantados nas parcelas, constaram de espécies de plantas de cobertura, sendo as fabáceas *Crotalaria juncea* L. (*C. juncea*), *Crotalaria spectabilis* (*C. spectabilis*), *Crotalaria ochroleuca* (*C. ochroleuca*), *Cajanus cajan* (guandu anão), *Cajanus cajan* (guandu fava larga), *Mucuna aterrima* (mucuna-preta) e as poáceas *Braquiaria ruziziensis* (braquiária) e *Pennisetum glaucum* (milheto) além dos consórcios: 1) milho + crotalaria *espectabilis* e 2) milho + crotalaria *ochroleuca*. E a testemunha, composta por vegetação espontânea (com predomínio das seguintes espécies: *Borreria verticillata*, *Commelina nudiflora*, *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica* e *Senna obtusifolia*).

A semeadura das espécies de cobertura foi realizada a lanço no início de janeiro de 2015, com incorporação das sementes com uma passada de grade niveladora. As quantidades de sementes utilizadas foram: braquiária: 3,5 kg ha⁻¹; C. juncea: 30 kg ha⁻¹; C. spectabilis: 15 kg ha⁻¹; guandu anão: 45 kg ha⁻¹; milho: 35 kg ha⁻¹; mucuna-preta: 60 kg ha⁻¹; guandu fava-larga: 60 kg ha⁻¹; crotalária ochroleuca: 10 kg ha⁻¹; consórcio de crotalária spectabilis + milho: 9,0 + 5,0 kg ha⁻¹ e milho + crotalária ochroleuca: 4+8 kg ha⁻¹.

Para facilitar à semeadura da cultura sucessora e evitar a formação de banco de sementes todas às plantas foram dessecadas na maturação, aos 183 dias após a semeadura (DAS) com utilização duas formulações comerciais, a base de glifosato potássico, na dose de 2,0 l ha⁻¹. Em seguida, aplicou-se herbicida a base de flumioxazina[®], na dose de 0,1 l ha⁻¹.

Antes da dessecação, foi realizada amostragem da parte aérea das plantas de cobertura para determinação da massa seca (MS). Cortou-se a biomassa das plantas rente ao solo, 0,5 m² em cada parcela, e em laboratório procedeu-se a secagem em estufa à 65 °C, até atingir massa constante.

A semeadura da soja cultivar Monsoy 8644, de ciclo precoce (110 dias), foi realizada 23 de janeiro de 2016, realizada com semeadora pneumática de precisão para SPD (Jonh Deere modelo 2130) com sete linhas espaçadas em 0,45 m, com população de 289 mil plantas ha⁻¹, o que corresponde a 13 plantas por metro linear, não sendo adubada no plantio.

A amostragem do solo foi realizada 14 meses após a semeadura das espécies de cobertura, com a cultura da soja no início da formação da vagem (R3). As camadas de solo amostradas foram 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, com três amostras simples para formar uma composta por parcela. No laboratório as amostras foram secas ao ar, posteriormente tamisadas em peneira de 2 mm. Determinou-se do pH do solo em água, os macronutrientes (Ca²⁺, Mg²⁺, P e K⁺), parâmetros de fertilidade (Al³⁺, H+Al, SB, T, V, CTC e m) o carbono orgânico total do solo (COT), conforme metodologia descrita em Silva et al. (2009).

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos ao teste de normalidade e à análise de variância pelo teste F. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (p<0,05), utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®] versão 5.6 (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre espécies de plantas de cobertura e as camadas de solo, somente para o de carbono orgânico total do solo (COT) (Tabela 8). Efeito significativo das espécies testadas foi observado somente para os atributos P e K⁺. O efeito significativo para camada de solo ocorreu para todos os atributos químicos.

Tabela 8. Resumo da análise de variância (P > F) para atributos químicos do solo avaliados.

FV	pH	CO	P	K	S	Ca	Mg	Al	Al +H	CTC	V	m
Bloco	0,005*	0,15 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,25 ^{ns}	<0,001	0,10 ^{ns}	0,02*	0,46 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Trat (T)	0,93 ^{ns}	<0,001	0,0001*	0,0007*	0,16 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Cam(C)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
T*C	0,95 ^{ns}	0,01*	0,89 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,93 ^{ns}
CV(%)	7,63	6,98	55,18	26,89	49,89	34,38	35,74	103,52	28	13,48	28,38	108,26
MG	5,6	19,22	28,01	63,24	2,83	1,53	0,93	0,12	2,62	5,28	47,75	9,55

FV: fator de variação; Trat: espécies de cobertura; Cam: camada de solo; CV: coeficiente de variação; MG: média geral; CO: carbono orgânico; P: fósforo; K⁺: potássio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Al³⁺: alumínio; Al +H: alumínio + hidrogênio; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

A quantidade de MS das plantas de cobertura, com exceção do consórcio de *C. spectabilis* + milho, foi maior que 6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 5). Verificou-se a maior quantidade de resíduos vegetais com uso da espécie *C. juncea*. De acordo com Alvarenga et al. (2001), os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 50% da superfície do solo ou manter no mínimo 6 t ha⁻¹ de matéria seca para alcançar uma boa taxa de cobertura. Neste estudo as quantidades de resíduos sobre a superfície do solo se encontram próximas e/ou superiores ao valor citado.

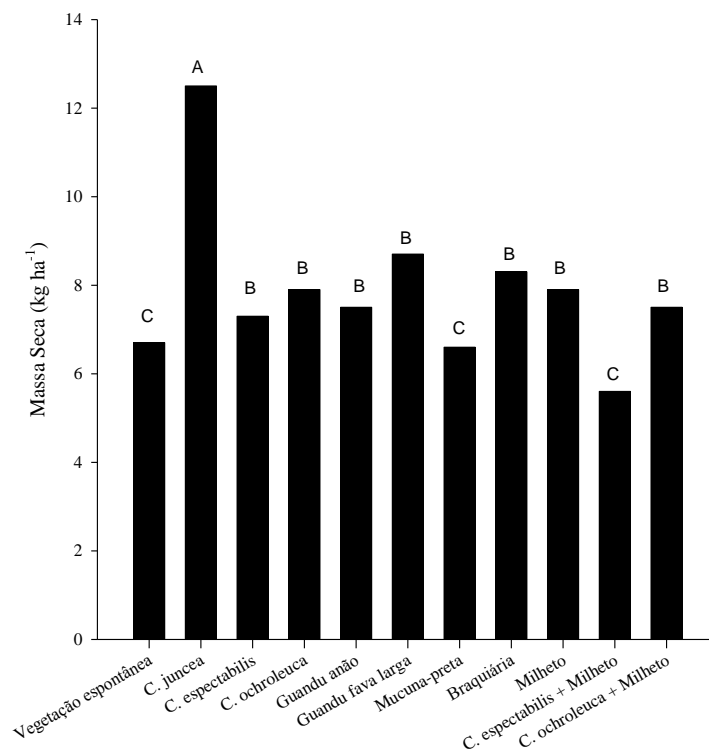


Figura 5. Produção de massa seca (MS) das plantas de cobertura utilizadas no estudo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott–Knott ($P < 0,05$).

Os valores mais elevados de COT ocorreram nas áreas manejadas com as plantas de cobertura, principalmente na camada de 0-0,10 m (Tabela 9). O aumento do COT, entre outros fatores, está associado aos níveis de resíduos vegetais depositados ao solo. A esse respeito, a testemunha apresentou menor teor de carbono orgânico do solo. A maior concentração de COT na camada superficial é importante para a qualidade do solo no sistema de plantio direto (SPD), uma vez que diferentes tipos de estresses relacionados com aplicação de agroquímicos, fertilizantes, chuva e tráfego de máquinas afetam, com mais intensidade, esta camada do solo (Tormena et al., 2004).

Tabela 9. Teores médios de carbono orgânico do solo (COT) do solo após o uso de plantas de cobertura, nas camadas avaliadas.

Plantas de cobertura	COT		
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
	g kg ⁻¹		
V. espontânea	20,9 Aa	18,9 Bb	16,0Bc
C. juncea	20,6 Aa	19,7Ba	17,0Bb
C. spectabilis	21,9 Aa	21,2Aa	16,5Bb
C. ochroleuca	21,2 Aa	19,9Ba	20,2Aa
Guandu anão	21,0 Aa	18,1Bb	15,4Bc
Guandu fava larga	23,0 Aa	20,9Aa	17,0Bc
Mucuna preta	21,7 Aa	21,0Aa	16,6Bb
Braquiária	22,1 Aa	19,3Bb	16,3Bc
Milheto	21,7 Aa	20,6Aa	16,4Bb
C. spectabilis + milheto	21,0 Aa	21,5Aa	17,3Bb
C. ochroleuca + milheto	22,2 Aa	19,3Bb	16,4Bc

Letras maiúsculas comparam espécies na mesma profundidade e letras minúsculas comparam profundidades para a mesma espécie, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Por outro lado, na camada de 0,10 a 0,20 m, observou-se uma maior quantidade de COT nos tratamentos C. spectabilis, guandu fava larga, mucuna preta, milheto e C. spectabilis + milheto em relação aos demais. O incremento nos teores de COT nas áreas sob as plantas de coberturas, não foi observado em camadas mais profundas (0,20-0,40 m), o que pode ser atribuído ao curto tempo de adoção desse sistema e a altas taxas de decomposição, decorrentes especialmente, das condições de alta temperatura e umidade verificada na região de estudo.

Steiner et al. (2011), estudando a influência de sistemas de manejo e fontes de adubação, verificaram que o sistema de manejo em rotação com plantas de cobertura não alterou o conteúdo de COT e os componentes da acidez do solo. Este resultado, da mesma forma que no presente estudo, foi atribuído ao curto período decorrido da implantação do sistema até as avaliações. No entanto, concluíram que o SPD com plantas de cobertura apresenta potencial de aumentar os teores de carbono orgânico, cálcio, magnésio e a CTC do solo.

O pH do solo não diferiu entre as espécies avaliadas, fato decorrente da correção da acidez realizada antes da implantação do experimento (Tabela 10). Os valores de pH do solo observados são adequados para o bom desenvolvimento das culturas (Sousa e Lobato, 2004).

Tabela 10. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo em diferentes profundidades após o uso de espécies de plantas de cobertura no município de Baixa Grande do Ribeiro – PI, 2016.

Plantas de cobertura	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC	V	m
		-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----	
V. espontânea	5,7 ^{ns}	25,12 a	77,00 a	1,38 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,67 ^{ns}	5,07 ^{ns}	47 ^{ns}	6 ^{ns}
C. juncea	5,5	39,35 a	56,56 b	1,55	0,85	0,13	2,53	5,07	48	8
C. spectabilis	5,7	44,67 a	78,09 a	1,85	1,11	0,15	2,59	5,73	52	10
C. Ochroleuca	5,5	19,13 b	70,54 a	1,56	0,91	0,14	3,08	5,70	43	11
Guandu anão	5,6	31,48 a	59,38 b	1,43	0,83	0,16	2,63	5,04	45	11
Guandu fava larga	5,6	26,71 a	63,10 b	1,54	0,95	0,15	2,67	5,29	49	11
Mucuna preta	5,6	41,67 b	75,72 a	1,50	0,94	0,15	2,77	5,38	46	11
Braquiária	5,7	19,33 b	72,02 a	1,58	0,97	0,09	2,37	5,10	51	7
Milheto	5,6	30,63 a	61,37 b	1,58	0,98	0,16	2,58	5,28	48	13
C. spectabilis + milho	5,7	32,88 a	63,78 b	1,73	0,99	0,10	2,40	5,24	51	8
C. ochroleuca + milho	5,5	26,63 a	59,44 b	1,67	1,07	0,10	2,66	5,53	49	6
Profundidade (m)										
0,00-0,10	5,9 a	36,44 a	79,89 a	2,31 a	1,35 a	0,01 c	2,12 c	6,02 a	65 a	0,3 b
0,10-0,20	5,7 b	23,23 b	70,30 b	1,68 b	0,99 b	0,08 b	2,71 b	5,60 b	51 b	4 b
0,20-0,40	5,1 c	21,78 b	45,86 c	0,64 c	0,30 c	0,30 a	3,00 a	4,24 c	27 c	24 a

pH: determinado em H₂O; P: fósforo, K⁺: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, Al⁺: alumínio, H + Al: acidez potencial, CTC: capacidade de trocas de cátions, V: saturação por bases, m: saturação por alumínio. Média seguida da mesma letra não difere entre si pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Quando comparado o pH inicial do solo com os valores de pH após a implantação de espécies de cobertura, observa-se redução numérica dos valores. Essa modificação no pH do solo, com adição de resíduos vegetais, é devido aos ácidos orgânicos com grupos carboxil e hidroxil fenólicos, os quais têm importante papel no tamponamento da acidez e na variação do pH de solos ácidos (Costa et al., 2011). Resultados diferentes foram reportados na literatura, alguns trabalhos relatam que o pH do solo não foi alterado pelo cultivo de crotalária, feijão-de-porco e milho (Almeida et al., 2008; Cardoso et al., 2013). Outros estudos mostram que a adição de resíduos orgânicos pode aumentar os valores do pH do solo (Silva et al., 2008; Silveira et al., 2010).

Para os teores de P no solo, foram constatadas diferenças entre as espécies testadas. A espécie que contribuiu para a maior ciclagem de P foi a C. spectabilis (Tabela 10). Por outro lado, as menores concentrações de P no solo ocorreram com a braquiária, C. ochroleuca, e mucuna preta. Cardoso et al. (2013) observaram que o teor de P no solo aumentou 0,6 mg dm⁻³ quando este foi cultivado com feijão de porco e milho no espaçamento de 0,25 m, atribuindo este incremento de P à capacidade dessas plantas em absorverem o P de camadas sub-superficiais do solo e disponibilizá-lo na superfície, após 27 dias do corte das plantas de cobertura (130 dias após a semeadura), o que corresponde ao início da decomposição da fitomassa. Porém, esses autores não avaliaram a acumulação deste nutriente pelos demais tratamentos do

presente estudo. O potencial das espécies de plantas de cobertura em reciclar nutrientes depende, entre outras características, do potencial de produção de fitomassa e da capacidade de absorver e acumular nutrientes (Pacheco et al., 2011; Wolschick et al., 2016).

Algumas culturas potencializam o aumento da quantidade de micro-organismos solubilizadores de fosfato, como é o caso do guandu (Carneiro et al., 2004) favorecendo o seu acúmulo no solo. A absorção de P pelas plantas em camadas mais profundas pode resultar no acúmulo desse elemento em superfície, após a decomposição dos seus resíduos (Rheinheimer e Anghinoni, 2001), promovendo a maior diferença no P disponível na camada do solo de 0-0,5 m sob plantio direto (Calegari et al., 2013).

Os teores de P disponível no solo são considerados adequados (15,1 a 20,0 mg dm⁻³) a altos (>20 mg dm⁻³), para solos do cerrado, exceto para a espécie mucuna preta, que apresentou valor baixo (Sousa e Lobato, 2004). Alguns autores comprovaram que o efeito dos resíduos vegetais de algumas coberturas sobre a dinâmica do P no sistema de PD ocorre desde a implantação do sistema, principalmente na camada de 0,0-5,0 cm. Entretanto, os maiores efeitos são observados em longo prazo (Bartz, 1998; Fabian, 2009).

As plantas de cobertura aumentaram a concentração de K⁺ no solo (Tabela 10). Estes resultados podem ser explicados pela elevada capacidade de ciclagem desse elemento pelas plantas de cobertura. Entre as espécies testadas, os maiores teores de K⁺ foram verificados no tratamento com *C. spectabilis* e os menores com *C. Juncea*. Cardoso et al. (2013) observaram que o teor de K⁺ variou de 47 a 76 mg dm⁻³, sendo o maior valor encontrado na testemunha e no feijão-de-porco, no espaçamento de 0,25 m; os demais tratamentos mostraram redução no teor de K⁺ no solo, com destaque para a crotalária, que teve o menor teor deste elemento, com valores de 47 e 51 mg dm⁻³ nos espaçamentos de 0,25 e 0,50 m, respectivamente atribuindo esta redução em consequência da exigência nutricional da cultura e também da imobilização do nutriente na fitomassa. O K⁺ reciclado pelas plantas de cobertura pode ser disponibilizado para a cultura em sucessão. Para solos do Cerrado, o teor ideal de K⁺ disponível é entre 51 a 80 mg dm⁻³ (Sousa e Lobato, 2004).

Os teores de Ca²⁺ no solo após o cultivo das plantas de cobertura foram baixos. Os teores foram menores daqueles observados antes da implantação do experimento (Tabela 7). Estes valores se encontram próximos ao limite mínimo que é de 1,5 cmol_c dm⁻³, para solos do Cerrado, segundo a recomendação de Sousa e Lobato (2004). É

possível que os teores de Ca^{2+} no solo não foram suficientes para suprir a demanda das plantas de cobertura e manter os níveis desse elemento no solo. Avaliando-se os efeitos das plantas de cobertura nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico, com 420 g kg^{-1} de argila, no estado de Goiás, também verificou-se diminuição no teor de Ca^{2+} disponível ao longo dos anos de plantio em relação ao valor inicial (Silveira et al. 2010).

Já os teores de Mg^{2+} após o cultivo com as plantas de cobertura mantiveram-se muito semelhantes aos teores iniciais (Tabela 7), indicando que a quantidade de Mg^{2+} contida no solo foi suficiente para suprir a demanda das plantas de cobertura e manter os níveis deste nutriente no solo. O teor de Mg^{2+} de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ é considerado o limite mínimo, logo para os tratamentos testados os teores observados são considerados altos (Sousa e Lobato 2004).

Os teores de Al^{3+} foram semelhantes entre os tratamentos estudados (Tabela 10). Provavelmente, devido ao pouco tempo de implantação do sistema. Em geral o sistema de plantio direto ao adicionar carbono orgânico dissolvido ao solo pode reduzir o teor de Al^{3+} , e amenizar a toxidez por Al^{3+} (Spera et al., 2014). Estudos de longa duração mostram que a decomposição dos resíduos vegetais contribui para a neutralização dos íons H^+ e complexação orgânica do Al^{3+} , elevando o pH do solo (Miyazawa et al., 1993; Bressan et al., 2013).

Os baixos valores de CTC se devem à baixa quantidade de argila (240 g kg^{-1}) e aos baixos teores de carbono orgânico. Salienta-se a importância do uso de plantas de cobertura no aumento da matéria orgânica e em consequência da CTC, uma vez que em solos altamente intemperizados, como o deste estudo, a CTC é dependente quase que exclusivamente da matéria orgânica (Silva e Mendonça, 2007).

O V% no solo cultivado com as plantas de cobertura variou de 43 a 50%, conferindo o caráter distrófico ao solo e conseqüentemente apresentou média a baixa CTC (Sousa e Lobato, 2004). A saturação por Al (m%) variou de 5,8 a 13% (Tabela 10) valores considerados baixos segundo Souza e Lobato (2004).

Destaca-se a importância e necessidade da continuação do estudo, visto que um dos principais mecanismos responsáveis pela eficiência do sistema PD é a quantidade de resíduo deixado na superfície do solo e o tempo de implantação. A forma mais eficiente de aumentar o aporte desses resíduos nos sistemas agrícolas é a introdução das plantas de cobertura no sistema de rotação. Foi verificado com 15 meses após a implantação das plantas de cobertura, melhoria na qualidade química do solo,

principalmente, na camada superficial do solo. Porém, é necessário, maior tempo de estudo, para que se obtenha aumento e estabilidade nos teores de COT.

4. CONCLUSÕES

Há aumento das concentrações de fósforo, potássio, e carbono orgânico total no solo, quinze meses após a implantação das plantas de cobertura quando comparada a análise realizado antes da implantação do experimento. E não verifica-se alterações nas concentrações dos demais atributos químicos avaliados.

Os teores de carbono orgânico são maiores sob cultivo de guandu fava larga, braquiária e consorcio de *C. ochroleuca* + milheto, principalmente na camada de 0,00-0,10 m.

A concentração de potássio no solo é a mais alterada pelo uso de plantas de cobertura. As espécies de *C. spectabilis*, vegetação espontânea, mucuna preta, braquiária e *C. ochroleuca* são as mais eficientes na ciclagem deste elemento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA ACOSTA, J. A.; AMADO, T. J. C.; DA SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A.; Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.44, p.801-809, 2014.

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

ANDRADE JUNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H.; FIGUEIREDO JÚNIOR, L. G.; OLIVEIRA C.; GOMES, A. A.; PEIXOTO, L. O. Atlas Climatológico do Estado do Piauí. Teresina, Embrapa Meio-Norte. 2004:151p.

BARTZ, H. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R. (Coord.) Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária. Santa Maria: UESM, 1998. p. 52-81.

BRESSAN, S. B.; NÓBREGA, J. C.; NÓBREGA, R. S.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.371-378, 2013.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; DE TOURDONNET, S.; dos SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.133, p. 32-39, 2013.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. C.; de CARVALHO, G. J.; DE FREITAS, D. A.; AVANZI, J. C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p. 375-382, 2013.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.661-669, 2004.

COSTA, M. S.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F.; COSTA, L. A.; CASTOLDI, G.; GOBBI, F. C. Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.579-587, 2011.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; CARVALHO BALIEIRO, F.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; MACEDO, M. C. M. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.1003-1020, 2016.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009, 99p. Tese (Doutorado em Agronomia; Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal 2009.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- LEITE, L. F. C.; de FREITAS, R. D. C. A.; SAGRILO, E.; da SILVA GALVÃO, S. R. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.29-45, 2010.
- LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 1ª. ed. v.2. Brasília-DF: Embrapa, 2014. 507p.
- LOPES, A. S. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.17, p.411-416, 1993.
- PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; DE ALMEIDA MACHADO, P. L. O., DE 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, p.1228-1236, 2013.
- PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. D.; 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, p.17-25, 2011.
- PRAGANA, R. B. **Caracterização pedológica e diagnóstico da qualidade de solos sob plantio direto na Serra do Quilombo, Sudoeste Piauiense**. 2011, 159p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2011.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p.47-86.
- RHEINHEIMER, D. D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.151-160, 2001.
- RIBEIRO, P. H.; SANTOS, J. V. M.; COSER, S. M.; NOGUEIRA, N. O.; MARTINS, C. A. S. Adubação verde, os estoques de carbono e nitrogênio e a qualidade da matéria orgânica do solo. **Revista Verde**, v.6, p.43-50, 2011.
- ROSA, P. A. L.; ALVES, M. C.; VIDEIRA, L. M. L.; DOS SANTOS BONINI, C. B. Recuperação de um solo de cerrado após 19 anos: ocorrência espontânea de espécies arbóreas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.1, p.44-57, 2015.
- SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In.: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.;

NEVES, J.C.L (Eds.). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, J. C. P. M.; MOTTA, A. C. V; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S.; VELOSO, C. M.; SILVA, L. V. C. Estercos líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um Latossolo Bruno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2563-2572, 2008.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G; CUNHA, P. C. R. (Eds.). Plantas de cobertura e atributos químicos do solo. In: **Plantas de cobertura dos solos do Cerrado**. v.1 Santo Antônio - Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p.148-159.

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

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M. D.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1462-1470, 2012.

SOUSA, D. M. G de; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Planaltina Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2004. p.416.

SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V. M.; CAMARGO, A. P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, p.21-27, 2013.

SPERA, S. T.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; dos SANTOS, H. P.; KLEIN, V. A. A solução do solo de um Latossolo vermelho distrófico submetido a três tipos de manejo de solo e de culturas. **Nativa**, v.2, p.58-64, 2014.

STEINER, F.; de MENDONÇA COSTA, M. S. S.; de MENDONÇA COSTA, L. A.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Global Science and Technology**, v.4, p.16-28, 2011.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. D.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B. D.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 497-505, 2010.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1023-1031, 2004.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; dos SANTOS, K. F.; de SOUZA WERNER, R.; BAGIO, B. Canopy cover, biomass production and nutrient accumulation by cover crops. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, p.134-143, 2016.

CAPÍTULO 4

ATRIBUTOS MICROBIANOS DO SOLO APÓS CULTIVO DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO

SOUSA, Daiane Conceição de. **Atributos microbianos do solo após cultivo de espécies de plantas de cobertura**. 2017. Cap.4, p.49-74. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O estudo da quantidade e da atividade da biomassa microbiana pode fornecer subsídios importantes para o planejamento do uso correto da terra, considerando a natureza dinâmica dos microrganismos do solo. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar alterações nos atributos microbianos do solo cultivado com espécies de plantas de cobertura no Cerrado do Piauí. O experimento foi conduzido de janeiro de 2015 a julho de 2016 em Baixa Grande do Ribeiro, PI, em um Latossolo Amarelo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de seis espécies de fabáceas, duas de poáceas, dois consórcios e da vegetação espontânea (Controle). As análises microbianas do solo foram realizadas 18 meses após a implantação das espécies de cobertura. As camadas de solo avaliadas foram: 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Foram determinados o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo (C_{mic} e N_{mic}) respectivamente, respiração basal do solo ($C-CO_2$) avaliada no tempo: 1, 2, 4, 7, 10, 13, 16, 21, 26, 36, 56, 80 e 112 dias após a incubação e o carbono orgânico total do solo (COT). Calculou-se o quociente metabólico (qCO_2), o quociente microbiano ($qMIC$), e a relação carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C/N_{mic}). Os atributos microbianos do solo são sensíveis à utilização de plantas de cobertura. A maior liberação de $C-CO_2$ é observada nas áreas com vegetação espontânea, *Crotalaria juncea*, guandu fava larga e consórcio de *Crotalaria spectabilis* + milho na camada de 0-0,10 m, até o quarto dia após a incubação. O maior incremento na atividade da biomassa microbiana ocorre na camada superficial.

Palavras-chave: bioindicadores, micro-organismos do solo, liberação de CO_2 , atividade microbiana.

¹Orientador: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Orientador: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

CHAPTER 4

MICROBIAL SOIL ATTRIBUTES AFTER CULTIVATION OF COVER PLANT SPECIES

ABSTRACT

SOUSA, Daiane Conceição de. **Microbial soil attributes after cultivation of cover plant species**. 2017. Cap.4, p.49-74. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Plant Nutrition) - Federal University of Piauí, PI¹.

The study of the quantity and the activity of the microbial biomass can provide important subsidies for the planning of the correct use of the earth, considering the dynamic nature of the microorganisms of the soil. The present work was developed with the objective of evaluating changes in microbial attributes of cultivated soil with cover crop species in the Cerrado of Piauí. The experiment was conducted from January 2015 to July 2016 in Baixa Grande do Ribeiro, PI, in a Yellow Latosol. The experimental design was in randomized blocks, with eleven treatments and four replicates. The treatments consisted of six species of fabaceae, two of poaceae, two mixes and spontaneous vegetation (Control). The soil microbial analyzes were performed 18 months after the implantation of the cover species. The soil layers evaluated were: 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m. Were evaluated: carbon, and nitrogen of soil microbial biomass (C_{mic} and N_{mic}) respectively, baseline soil respiration ($C-CO_2$) evaluated at time: 1, 2, 4, 7, 10, 13, 16, 21, 26, 36, 56, 80 and 112 days after incubation and total soil organic carbon (TOC). The metabolic quotient (qCO_2), the microbial quotient ($qMIC$) and the carbon and microbial nitrogen ratio (C/N_{mic}) were calculated. The microbial attributes of the soil are sensitive to the use of cover crops. The greater release of $C-CO_2$ is observed in areas of natural vegetation, *Crotalaria juncea*, broad bean and pigeon pea *Crotalaria spectabilis* + millet consortium in the 0-0.10 m layer until the fourth day after incubation. The largest increase in activity of the microbial biomass takes place in the surface layer.

Keywords: bioindicators, soil microorganisms, release of CO_2 , microbial activity.

¹Adviser: João Carlos Medeiros – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Jaqueline Dalla Rosa – UFPI/Bom Jesus

¹Co-Adviser: Julian Junio de Jesus Lacerda - UFPI/Bom Jesus

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do solo é expressa pela integração harmoniosa dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A variação desses atributos é determinada pelo manejo e uso do solo (Carneiro et al., 2008) e sua avaliação é importante para adequar o manejo visando à sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Dentre os atributos que expressam a qualidade do solo, os biológicos merecem destaque, pois, são os que expressam as mudanças de uso e manejo com mais rapidez. No solo, os micro-organismos estão envolvidos em processos como decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia, fixação de nitrogênio atmosférico, produção de compostos complexos, que contribuem para a agregação do solo, decomposição de xenobióticos e controle biológico de pragas e doenças (Mbutia et al., 2015).

A participação dos microrganismos em todos esses processos justifica a inclusão dos indicadores microbiológicos nos índices de qualidade do solo. O quociente microbiano (qMIC) é um índice utilizado e fornece informações sobre a qualidade da matéria orgânica, é expresso pela relação entre carbono da biomassa e o carbono orgânico total (Araújo Neto et al., 2011). O carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) é um dos componentes que controlam funções-chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais (Gomes et al., 2014). Isoladamente, o C_{mic} pouco reflete as alterações na qualidade do solo, apesar de ser um indicador precoce de intervenções antrópicas (Araújo et al., 2007).

O quociente metabólico (qCO_2), o C_{mic} , o nitrogênio da biomassa (N_{mic}) e a relação C/N_{mic} indicam a eficiência da biomassa microbiana em imobilizar o C e N decorrente da composição nutricional da matéria orgânica (Gama-Rodrigues et al., 2008). Entretanto, quando associada ao conteúdo de matéria orgânica, liberação de $C-CO_2$ pelos micro-organismos (respiração basal) e raízes de plantas (respiração edáfica) torna-se um importante indicador da atividade microbiana do solo (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

O uso e manejo do solo promovem alterações significativas no C_{mic} influenciados, tanto pela atividade antrópica quanto pelo desenvolvimento da planta (Dalla Costa et al., 2014). Assim a adoção de sistemas de manejo do solo menos

intensivos, com práticas conservacionistas, que priorizem o aporte de matéria orgânica do solo, com uso de plantas de cobertura, representam uma alternativa promissora para a sustentabilidade do sistema agrícola e rendimento das culturas (Correa et al., 2014). Além de propiciar o desenvolvimento da biomassa microbiana do solo e contribuir positivamente com a qualidade do solo (Silva et al., 2015).

Embora os efeitos benéficos da presença de vegetação sobre a comunidade microbiana, bem como sua grande influência sobre os atributos bioquímicos do solo, tenham sido bem documentados, há carência de informações para a região sul do Piauí, a qual tem apresentado grande expansão agrícola nos últimos anos e com isso alteração na forma de uso do solo.

Salienta-se que o efeito de plantas de cobertura no acúmulo de matéria orgânica no solo e na melhoria de seus atributos biológicos deve ser quantificado regionalmente e para cada sistema produtivo, uma vez que depende do relevo, das condições de temperatura e umidade, além, do sistema de manejo adotado e das características do solo (Cunha et al., 2011). Assim, qualquer alteração no sistema de manejo do solo pode influenciar diretamente sua estrutura e atividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos nos agroecossistemas. Por isso, ressaltasse a importância das práticas de conservação do solo nos trópicos, onde os efeitos sobre a biomassa microbiana são muito maiores do que os relatados em regiões temperadas (Hungria et al., 2009).

Portanto, o uso de plantas de cobertura cultivadas em sistema de rotação de culturas no Cerrado, pode influenciar positivamente a atividade biológica do solo. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos das espécies de plantas de cobertura nos atributos microbianos de um solo no Cerrado do Piauí.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Tropical, município de Baixa Grande do Ribeiro, PI, com coordenadas 08°42'54,2'' S e 45°01'41,4'' W e 495 m de altitude. O clima da região é quente e úmido (Cwa), com temperatura média anual é de 26,6 °C e a precipitação média de 900 a 1.300 mm ano⁻¹. Os meses de fevereiro a abril são os mais chuvosos e de julho a novembro os mais secos (Andrade Junior et al., 2004). O solo é um Latossolo Amarelo distrófico. A cobertura vegetal original da área é o Cerrado, com fitofisionomia do tipo Cerradão (vegetação de caráter florestal).

A área experimental foi desmatada em 1990 e cultivada com a cultura de caju até 2010. Em 2011, eliminou-se a cultura do caju e realizou-se o preparo do solo, com uma passada de grade aradora e uma de grade niveladora, para a implantação de pastagens (*Urochloa brizantha*), a qual permaneceu na área até o ano 2013, quando foi cultivada soja (cultivar Paragominas RR), na safra 2013/2014. Para este cultivo, houve preparo do solo com duas passadas de grade niveladora, para incorporação de 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com PRNT de 85%. No momento da semeadura a adubação da área experimental foi realizada, com 173,4 kg ha⁻¹ de K₂O (fonte KCl), 22,5 kg ha⁻¹ de enxofre (fonte Sulfogran 90[®]), 0,45 kg ha⁻¹ de boro (fonte Borogran) e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fonte superfosfato simples), conforme recomendação de Souza e Lobato (2004).

O experimento foi implantado em janeiro de 2015. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m para caracterização química e física do solo (Tabela 11).

Tabela 11. Composição química e granulométrica de solo antes da implantação do experimento.

Profundidade (m)	pH H ₂ O	P -- mg dm ⁻³ --	K 37,2	MO g dm ⁻³	Ca 2,0	Mg 1,8	Al 0,2	CTC 5,1	V %	Areia 690	Silte 66	Argila 244
0,00 – 0,10	6,1	30,1	37,2	34,0	2,0	1,8	0,2	5,1	47	690	66	244
0,10 – 0,20	5,9	21,4	30,4	34,0	1,9	1,5	0,3	4,6	46	656	77	267
0,20 – 0,40	5,4	10,5	22,1	33,7	0,8	0,2	0,5	3,5	29	-	-	-

P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; CTC: capacidade de troca de cátion; V: saturação de bases.

O monitoramento da precipitação pluviométrica diária e temperatura foi realizado com a instalação de um pluviômetro próximo as parcelas experimentais (Figura 6).

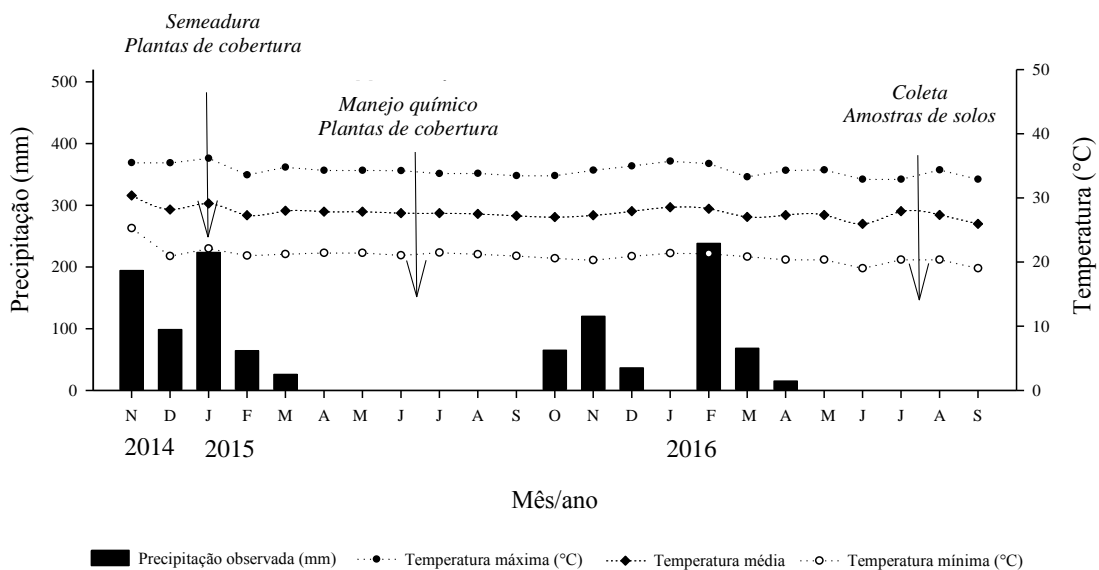


Figura 6. Precipitação pluviométrica e temperatura registrada na área experimental, durante o período de estudo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de espécies de plantas de cobertura de seis fabáceas, duas poáceas, dois consórcios, vegetação espontânea e uma testemunha (solo descoberto). As fabáceas utilizadas foram: *Crotalaria juncea* L. (*C. juncea*), *Crotalaria spectabilis* (*C. spectabilis*), *Crotalaria ochroleuca* (*C. ochroleuca*), *Cajanus cajan* (guandu anão), *Cajanus cajan* (guandu fava larga) e *Mucuna aterrima* (mucuna-preta). As poáceas foram: *Braquiaria ruziziensis* (braquiária) e *Pennisetum glaucum* (milheto). Os consórcios constituíram-se de: 1) milheto + *C. spectabilis* e 2) milheto + *C. ochroleuca*. O tratamento com vegetação espontânea foi constituído em sua maioria por espécies nativas locais (*Borreria verticillata*, *Commelina nudiflora*, *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica* e *Senna obtusifolia*).

A semeadura das espécies de cobertura foi realizada a lanço no início de janeiro de 2015, com incorporação das sementes com uma passada de grade niveladora. As quantidades de sementes utilizadas foram: braquiária: 3,5 kg ha⁻¹; *C. juncea*: 30 kg ha⁻¹; *C. spectabilis*: 15 kg ha⁻¹; guandu anão: 45 kg ha⁻¹; milheto: 35 kg ha⁻¹; mucuna-preta: 60 kg ha⁻¹; guandu fava-larga: 60 kg ha⁻¹; *C. ochroleuca*: 10 kg ha⁻¹; consórcio de *C. spectabilis* + milheto: 9,0+5,0 kg ha⁻¹ e milheto + *C. ochroleuca*: 4+8 kg ha⁻¹.

As plantas foram dessecadas na maturação, aos 183 dias após a semeadura (DAS) com utilização de duas formulações comerciais, a base de glifosato potássico, na

dose de 2,0 l ha⁻¹. Em seguida, aplicou-se herbicida a base de flumioxazina®, na dose de 0,1 l ha⁻¹.

A amostragem do solo foi realizada 18 meses após a semeadura das espécies de cobertura. Nas profundidades 0,0-0,10 e 0,10-0,20. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em câmara fria (em torno de 4°C). No laboratório as amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e posteriormente tamisadas em peneira de 2 mm.

Respiração basal do solo- C-CO₂

O ensaio para avaliação da evolução do C-CO₂ foi conduzido sob condições controladas de luz, umidade e temperatura a 28 ± 2°C. Cada unidade experimental foi constituída de um pote respirométrico rigorosamente vedado com tampa de rosca. As unidades receberam um pote com volume de 150 mL, contendo 50 g de solo e um pote plástico, contendo 30 ml de solução de NaOH a 1 Mol L⁻¹ e ainda, um terceiro contendo 30 mL de água destilada, a fim de manter a umidade constante. A reposição de água das unidades experimentais foi realizada a cada 48 horas, mantendo-a próximo a 70% da capacidade de campo. A respiração basal do solo foi avaliada aos 1; 2; 4; 7; 10; 13; 16; 21; 26; 36; 56; 80 e 112 dias após a incubação.

As unidades experimentais foram abertas individualmente e retirado o pote com NaOH responsável pela captura do CO₂ liberado de cada tratamento. Pipetou-se 10 mL da solução de NaOH, em seguida adicionou-se 10 mL de BaCl₂ a 0,5 Mol L⁻¹, 3 gotas de solução de fenolftaleína e procedeu-se a titulação com ácido clorídrico a 0,025 Mol L⁻¹ de acordo com metodologia descrita em Mendonça e Matos (2005). Após a titulação utilizou-se a Equação 1 para determinação do C-CO₂ evoluído:

$$\text{C-CO}_2 \text{ (mg } 100\text{g}^{-1} \text{ de solo)} = (\text{B} - \text{V}) \times \text{M} \times 12 \times (\text{v1} / \text{v2}) \quad (1)$$

Em que:

C-CO₂ = carbono evoluído ou mineralizado;

B = Volume do HCl gasto no branco (ml);

V = Volume de HCl gasto na amostra (ml);

M = Concentração real do HCl (mol L⁻¹);

12 = peso equivalente do carbono;

v1 = Volume total de NaOH usado na captura de CO₂ (ml);

v2 = Volume de NaOH usado na titulação (ml);

Determinação do C e N da biomassa microbiana

A quantificação do C microbiano seguiu a metodologia da irradiação-extração descrita em Mendonça e Matos (2005). Pesou-se 20 g de cada amostra de solo em placas de petri que foram irradiadas em micro-ondas e outras 20 g em erlenmeyer que não foram irradiadas. Em seguida, adicionou-se às amostras 80 ml de solução extratora (K_2SO_4 a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e as mesmas foram agitadas por 30 min em agitador horizontal. Após repousarem por mais 30 min, o sobrenadante foi filtrado em papel filtro qualitativo lento.

A determinação do carbono nos extratos seguiu a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995), onde pipetou-se 10 mL de extrato e acrescentou 2 mL de uma solução $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), em seguida foi adicionado 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Após o esfriamento das amostras, foram acrescentados 50 mL de água destilada e adicionou-se 3 gotas do indicador ferroin. O excesso foi titulado com dicromato ($K_2Cr_2O_7$) e sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) a $0,03 \text{ mol L}^{-1}$. Os valores do carbono presente na biomassa microbiana foram calculados a partir das Equações 2 e 3:

$$C_{I, NI} = \frac{(V_b - V_{am})(\text{mol. Sulf. Ferroso})(3)(1000)(V. \text{ do extrator})(V. \text{ do extrator}^*)}{(\text{massa do solo})} \quad (2)$$

Em que:

C_I = Carbono irradiado;

C_{NI} = Carbono não irradiado;

V_b = volume do branco (mL);

V_{am} = volume da amostra (mL);

3 = resultado da relação entre o número de mols de Cr_2O_7 - que reagem com Fe^{2+} (1/6), multiplicado pelo número de mols de Cr_2O_7 - que reagem com o C (3/2), multiplicado pelo peso equivalente do C (12);

1000 = fator de conversão de unidade.

*volume utilizado para a determinação do carbono (mL)

$$C_{mic} (\mu\text{g g}^{-1} \text{ de solo}) = (C_I - C_{NI}) / K_c \quad (3)$$

Em que:

C_{mic} : biomassa microbiana;

C_I = amostra irradiada;

C_{NI} = amostra não irradiada;

K_c = fator de correção de 0,33 para o método de irradiação extração de C_{mic} .

A quantificação do N microbiano foi realizada de acordo com a metodologia descrita em Mendonça e Matos (2005). Pipetou-se 20 mL de extrato das amostras

irradiadas e não-irradiadas em tubos de digestão de 100 mL e adicionou-se 1 mL de H₂O₂ a 30% e 2 mL de H₂SO₄ e aguardou a temperatura igualar a do ambiente. Em seguida, foi acrescentado 0,7 g de mistura de digestão (100g de Na₂SO₄, 10g de CuSO₄H₂O e 1g de selênio metálico) e os tubos foram colocados em bloco digestor com temperatura inicial de 110 °C até que o volume reduzisse para aproximadamente 5 mL. Então, a temperatura foi elevada a 250 °C e, em seguida, para 350 – 375 °C, até o clareamento dos extratos que permaneceram por mais 2 horas no bloco. Os tubos foram então retirados do bloco e após resfriamento, completou-se o até 5 mL utilizando água destilada.

Os tubos foram conectados ao destilador de N tipo Kjeldahl e adicionou-se vagarosamente 10 mL de NaOH 10 Mol L⁻¹ e iniciou-se a destilação. Em seguida, 35-40 mL do destilado foi coletado em uma solução indicadora de ácido bórico e titulado com solução de HCl a 0,005 Mol L⁻¹. Os teores de nitrogênio presente na biomassa microbiana foram calculados a partir das Equações 4, 5 e 6:

$$N_1 \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{mLH}^+_{\text{am}} - \text{mLH}^+_{\text{br}})(\text{H}^+)(14)}{\text{Volume (L)}} \quad (4)$$

Em que:

N_1 = Nitrogênio da biomassa microbiana;
 mLH^+_{am} = volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL);
 mLH^+_{br} = volume de HCl gasto na titulação do branco (mL);
 H^+ = concentração real do ácido clorídrico
 14 = peso equivalente do N.

$$N_{I, \tilde{N}I} \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{N_1(\text{volume do extrator (L)})1000}{\text{peso da amostra (g)}} \quad (5)$$

Em que:

N_I = N irradiado;
 $N_{\tilde{N}I}$ = N não irradiado;
 1000 = fator de conversão da unidade.

$$N_{\text{mic}} \text{ (mg Kg}^{-1}\text{)} = (N_I - N_{\tilde{N}I}) / K_n \quad (6)$$

Em que:

N_{mic} = Nitrogênio da biomassa microbiana;
 C_I = nitrogênio da amostra irradiada;
 $C_{\tilde{N}I}$ = nitrogênio da amostra não irradiada;
 K_n = 0,54, para o método de irradiação-extração do N da biomassa microbiana.

Quociente metabólico

A partir dos resultados da respiração basal das amostras de solo e do C_{mic} , foi calculou-se o qCO_2 , que representa a quantidade de C-CO₂ evoluído por unidade de C microbiano, calculado pela Equação 7 (Anderson e Domsch, 1990; Anderson e Domsch, 1993):

$$qCO_2 \text{ (mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}) = C\text{-CO}_2 / C_{mic} \quad (7)$$

Em que:

qCO_2 = Quociente metabólico;

C-CO₂ = respiração basal do solo (C-CO₂ mg kg⁻¹ solo h⁻¹);

C_{mic} = carbono da biomassa microbiana (μg g⁻¹ de solo).

Quociente microbiano

O quociente microbiano é considerado uma medida da qualidade da matéria orgânica (Wardle, 1994) e foi determinado a partir da Equação 8:

$$qMIC \text{ (\%)} = C_{mic} / COT \quad (8)$$

Em que:

$qMIC$ = Quociente microbiano;

C_{mic} = carbono da biomassa microbiana (μg g⁻¹ de C no solo);

COT = carbono orgânico total do solo (g kg⁻¹).

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e em seguida à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) através do Software Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para os atributos microbianos do solo com uso das plantas de cobertura e nas profundidades. Verificou-se interação significativa ($p < 0,05$) de plantas de cobertura e profundidade para as variáveis: nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}), carbono da biomassa microbiana (C_{mic}), relação C/N da biomassa microbiana, quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$) (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância (valores do quadrado médio) para carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C_{mic} e N_{mic}), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), relações carbono e nitrogênio da biomassa microbiana ($C:N_{mic}$).

F. Variação	GL	Quadrado Médio				
		C_{mic} $\mu g\ g^{-1}$ de C no solo seco	N_{mic} $\mu g\ g^{-1}$ de N no solo seco	qCO_2 $mg\ C-CO_2\ g^{-1}$ C-BMS h^{-1}	$qMIC$ %	Relação C/ N_{mic}
Bloco	3	3057,40 ^{ns}	39,56 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	7,659 ^{ns}	41,66 ^{ns}
PC	10	6950,31 ^{**}	107,73 [*]	0,002 [*]	16,499 [*]	115,28 ^{**}
Prof	1	0,70 ^{ns}	244,89 ^{**}	0,002 ^{**}	2,709 ^{ns}	86,09 ^{ns}
PC*Prof	10	8666,52 [*]	118,11 ^{**}	0,001 [*]	21,394 [*]	337,21 [*]
Resíduo	63	1124,19	22,30	0,0001	2,988	29,90
CV(%)		33,42	35,85	61,9	35,63	52,76
Média		100,31	13,17	0,02	4,85	10,36

F. variação: fonte de variação; PC: plantas de cobertura; Prof: camada de solo avaliada; C_{mic} e N_{mic} : Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana; qCO_2 : quociente metabólico; $qMIC$: quociente microbiano; C/ N_{mic} : carbono e nitrogênio da biomassa microbiana; CV: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; . *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

O C_{mic} e N_{mic} foram significativamente influenciados pelas plantas de cobertura na camada superficial, ao contrário dos teores de C orgânico total (COT) (Tabela 13). Esses resultados indicam que a influência das quantidades e qualidade dos substratos orgânicos acumulados na superfície sobre o C_{mic} e N_{mic} foi maior do que para os valores totais de C, aparentemente mais estáticos ao longo do ano nos ambientes estudados. O qCO_2 , $qMIC$ e a relação C:N também variaram entre as plantas de cobertura (Tabela 13).

Tabela 13. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C_{mic} e N_{mic}), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$), relação carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (C/N_{mic}) e carbono orgânico total (COT) após 480 dias da implantação de plantas de plantas de cobertura ao solo.

Plantas de cobertura	C_{mic}	N_{mic}	qCO_2	$qMIC$	Relação	COT
	$\mu g\ g^{-1}$ de C no solo seco	$\mu g\ g^{-1}$ de N no solo seco	$mg\ C-CO_2\ g^{-1}$ C-BMS h^{-1}	%	C/N(mic)	$g\ kg^{-1}$
	Camada 0-0,10 m					
V. espontânea	48,42Ca	5,24Cb	0,03Ab	2,33Ba	12,90Ba	20,9 Aa
C. juncea	62,06Cb	13,96Ba	0,02Aa	3,02Bb	5,30Ca	20,6 Aa

<i>C. spectabilis</i>	95,99Ba	9,20Cb	0,01Ba	4,42Ba	12,71Ba	21,9 Aa
<i>C. ochroleuca</i>	97,30Ba	16,61Ba	0,01Ba	4,59Ba	6,44Ca	21,2 Aa
Guandu anão	110,94Ba	10,74Ca	0,01Ba	5,32Ba	10,48Ba	21,0 Aa
Guandu fava larga	82,96Bb	23,36Aa	0,02Aa	3,62Bb	3,74Cb	23,0 Aa
Mucuna preta	162,36Aa	14,99Ba	0,01Ba	7,72Aa	11,08Ba	21,7 Aa
Braquiária	111,45Ba	18,13Ba	0,01Ba	5,09Bb	6,35Cb	22,1 Aa
Milheto	161,24Aa	7,18Cb	0,01Bb	7,44Aa	24,25Aa	21,7 Aa
<i>C. spectabilis</i> + milho	64,79Cb	30,01Aa	0,02Aa	3,07Bb	2,11Cb	21,0 Aa
<i>C. ochroleuca</i> + milho	106,88Ba	13,96Ba	0,01Ba	4,78Bb	7,78Cb	22,2 Aa
Camada 0,10-0,20 m						
<i>V. espontânea</i>	10,54Da	7,64Ba	0,11Aa	0,56Da	1,48Cb	18,9 Bb
<i>C. juncea</i>	122,66Ba	18,64Aa	0,02Ca	6,26Ba	6,68Ca	19,7 Ba
<i>C. spectabilis</i>	69,93Ca	16,26Aa	0,02Ca	3,31Ca	4,59Cb	21,2 Aa
<i>C. ochroleuca</i>	99,33Ba	12,15Aa	0,01Ca	5,00Ba	9,06Ca	19,9 Ba
Guandu anão	83,27Ca	12,51Aa	0,02Ca	4,77Ba	6,15Ca	18,1 Bb
Guandu fava larga	152,06Aa	10,42Bb	0,01Ca	7,24Aa	15,85Ba	20,9 Aa
Mucuna preta	96,60Bb	5,96Bb	0,01Ca	4,52Bb	15,88Ba	21,0 Aa
Braquiária	157,81Aa	13,48Aa	0,01Ca	8,21Aa	14,56Ba	19,3 Bb
Milheto	24,18Db	16,47Aa	0,05Ba	1,17Db	2,07Cb	20,6 Aa
<i>C. spectabilis</i> + milho	132,06Aa	7,84Bb	0,01Ca	6,16Ba	17,14Ba	21,5 Aa
<i>C. ochroleuca</i> + milho	153,96Aa	5,17Bb	0,01Ca	8,05Aa	31,21Aa	19,3 Bb

Médias seguidas de letra maiúsculas comparam espécies dentro da mesma camada. E letras minúsculas comparam a mesma espécie entre as profundidades, pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Na primeira camada, os valores de C_{mic} foram menores para *V. espontânea*, *C. juncea* e consórcio de *C. spectabilis* + milho em relação aos demais tratamentos. Acredita-se que as adições de carbono oxidável nesses solos não estejam sendo suficientes para atender à demanda para a manutenção da biomassa existente, o que leva ao decréscimo acentuado observado nos valores de C_{mic} . Também podem observar que o C_{mic} foi variável em função das espécies de cobertura do solo, podendo estar relacionada à restrição hídrica em maio, junho e julho, aliada ao aumento da temperatura (Figura 6), provavelmente, foram limitantes as variações do C_{mic} . Considerando a mesma espécie vegetal, houve diferença no C_{mic} entre as profundidades. Os tratamentos de *V. espontânea*, *C. spectabilis*, guandu anão, mucuna preta e milho apresentaram maiores valores na camada de 0-0,10 m, diminuindo em profundidade. Para as demais espécies testadas ocorreu o contrário, aumento dos teores em profundidade.

A deposição de resíduos orgânicos e a maior quantidade de raízes nos tratamentos com algumas plantas de cobertura estimulam a manutenção ou até mesmo o aumento da microbiota do solo. Carvalho et al. (2010) argumentam que o aumento do C_{mic} proporcionado pela cobertura sem manutenção é temporário e rápido principalmente em condições de Cerrado. E em curto prazo, pode haver redução do COT e consequentemente da própria biomassa microbiana do solo. Por isso, sugere-se o

monitoramento contínuo, para verificar o efeito do sistema de manejo do solo em um período longo.

Os valores de N_{mic} mostraram-se semelhantes na camada superficial, entre as plantas testadas, com exceção do tratamento de *C. spectabilis* e milho que apresentaram os menores valores para esse atributo (Tabela 13). A braquiária apresentou redução do N_{mic} com o aumento da profundidade. Já o milho, contrariamente apresentou aumento nos valores deste atributo com o aumento da profundidade. O tratamento com a vegetação espontânea apresentou valores baixos de N_{mic} , em todas as profundidades, sem diferenças significativas entre elas.

Os maiores valores de N_{mic} observados nas espécies testadas (*C. spectabilis* + milho e guandu fava larga) ocorreu pelo maior aporte de resíduo vegetal no solo, contribuindo para o crescimento microbiano e aumento do conteúdo de N na biomassa microbiana em resposta a quantidade e qualidade do material, que tem influencia direta na taxa de decomposição dos resíduos orgânicos no solo, pois estimula a população microbiana local (Moreira e Siqueira, 2006; Fernandes et al., 2013). No tratamento com milho na camada de 0,0-0,10 m o menor valor para o N_{mic} pode ser relacionado à qualidade do material que possui uma elevada relação C/N, o que impossibilita o crescimento microbiano e, ainda pode causar imobilização do N disponível no solo acarretando em deficiência nutricional a cultura em sucessão. Resíduos orgânicos com relação C/N maiores que 30 o processo de imobilização de N é predominante sobre o processo de mineralização (Moreira e Siqueira, 2006).

Os valores de qCO_2 alteraram-se entre as culturas de cobertura e profundidade. Na camada de 0-0,10 m os tratamentos de V. espontânea e milho diferiram dos demais (Tabela 13). Os maiores valores de qCO_2 indicam a ocorrência de perda de carbono na forma de CO_2 para a atmosfera. Ou seja, os resíduos de plantas de cobertura que proporcionaram os maiores valores de qCO_2 podem ter promovido estresse na população microbiana que consumiu mais energia, na forma de carbono, para manutenção da biomassa microbiana.

O qCO_2 representa a quantidade de C liberada como CO_2 por unidade de biomassa microbiana e tempo (Silva et al., 2015; Dinesh et al. 2006). Baixos valores de qCO_2 ressaltam agroecossistemas mais estáveis (Moreira et al., 2016), com melhor estabilização do aporte de matéria orgânica, com menor perda de CO_2 e maior incorporação ao sistema (Godoy et al., 2013, Babujia et al., 2010). Da mesma forma que

valores elevados indicam ambientes com condições limitantes à biomassa microbiana, com maior liberação de CO₂ e mineralização da matéria orgânica (Godoy et al., 2013).

Para o atributo quociente microbiano (qMIC) na profundidade de 0,00-0,10 m os tratamentos mucuna preta e milho, apresentaram os maiores valores comparados aos demais. Na camada de 0,10-0,20 m, as espécies de braquiária, guandu fava larga, o consórcio de *C. ochroleuca* + milho e *C. juncea* apresentaram os maiores valores de qMIC. Já o tratamento de V. espontânea e o milho apresentaram os menores valores para este atributo. As espécies de *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e guandu não apresentaram o mesmo comportamento entre as profundidades. Já o consórcio de *C. spectabilis* + milho e *C. ochroleuca* + milho apresentaram redução do qMIC em profundidade.

O qMIC é decorrente do aporte de matéria orgânica ao solo, da eficiência de conversão do C_{mic}, da perda e da estabilização do carbono orgânico total (COT) pelas frações minerais do solo. A faixa ideal é de 1 a 4%, e valores inferiores a 1% indicam ambientes com atividade microbiana limitante (Cunha et al., 2011), conforme constatado na segunda camada avaliada no tratamento de V. espontânea. O qMIC é influenciado por diversos fatores, como grau de estabilização do carbono orgânico e o histórico de manejo do solo (Silva et al., 2010). Valores baixos de qMIC indicam baixa qualidade da matéria orgânica o que não propicia a completa utilização do COT, da mesma forma que valores elevados indicam maior ciclagem de nutrientes, e a eficiência na conversão do carbono orgânico em C_{mic} (Lopes et al., 2012), os quais ressaltam que a utilização de plantas de cobertura, incrementa a biomassa microbiana do solo.

Para a relação C/N_{mic}, o milho e o consórcio de *C. ochroleuca* + milho apresentaram os maiores valores, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente. As espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, guandu não e mucuna preta obtiveram a mesma relação C/N_{mic} em profundidade. No entanto, as espécies guandu fava larga braquiária e os consórcios de *C. ochroleuca* + milho e *C. spectabilis* + milho apresentaram elevação da relação C/N_{mic} em profundidade. Variações na relação C/N_{mic} decorrem da composição microbiana durante a decomposição, ocasionando diferenças nos padrões de imobilização de nutrientes (Balota et al., 2012). Sendo uma proporção entre fungos e bactérias, em que a maior relação C/N_{mic} indica maior rede de hifas fúngicas (Balota et al., 2003). Hungria et al. (2009) não observaram sensibilidade nesta variável, no entanto, salientam que a relação C/N_{mic} indica qual

parte da biomassa microbiana é mais facilmente afetada com a inclusão de resíduos vegetais, em que valores baixos são observados após incorporação e na semeadura.

Não houve diferenças entre as espécies de plantas de cobertura e *V. espontânea* para o COT, na camada de 0,00-0,10 m. Os valores variaram de 20,9 à 23 g kg⁻¹. Apesar do COT ser considerado um indicador sensível, o incremento de biomassa pelas plantas de cobertura não foi suficiente para promover alterações na sua concentração.

Já na camada de 0,10-0,20 m os menores valores de COT ocorreram na *V. espontânea*, guandu anão, braquiária e consórcio de *C. ochroleuca* + milho. Deferiram das demais espécies que apresentaram valores de COT mais elevados.

O COT em áreas nativas de Cerrado situa-se entre 18,7 g kg⁻¹ (Godoy et al., 2013) a 23 g kg⁻¹ (Siqueira Neto et al., 2009). Em áreas sem ação antrópica há o fornecimento constante de resíduos vegetais de diferentes relações C/N, protegidos nos agregados do solo (Franchini et al., 2007). Em sistemas agrícolas, o preparo do solo gera a perda de carbono orgânico devido às práticas culturais utilizadas e o sistema de manejo adotado. No entanto, as plantas testadas neste estudo sugerem um aporte semelhante ao bioma Cerrado.

A respiração basal estabilizou a partir do vigésimo primeiro dia após a incubação (Figura 7). Assim como para as datas subsequentes de 26, 36, 56, 80 e 112 dias após incubação, não houve efeito significativo para tratamento e camadas. No entanto, as espécies de plantas de cobertura do solo alteraram a respiração basal do solo (RBS), em todas as camadas avaliadas (Tabela 14).

A maior liberação de C-CO₂, notadamente na camada de 0–0,10 m no início da incubação (2º dia), foi observada nos tratamentos *V. espontânea*, *C. juncea*, guandu fava larga e *C. spectabilis* + milho. Além de apresentar elevado qCO₂, assim como a redução do qMIC, demonstrando a perda de C do solo, comprovada pela concentração de carbono retido na biomassa microbiana (Tabela 13). As espécies *C. spectabilis* e braquiária apresentaram os maiores valores de RBS em todas as camadas avaliadas no primeiro dia de incubação, porém não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 14).

No entanto, para esse atributo, houve efeito de profundidade para o consórcio de *C. spectabilis* + milho na primeira data e os valores médios da camada de 0,0-0,10 m superaram os da camada 0,10-0,20 m do solo (Tabela 14). A alta taxa de RBS implica em maior atividade biológica, que está diretamente relacionada com a disponibilidade de carbono do solo e/ou da biomassa microbiana, possivelmente estimulada pela

constante deposição de substratos orgânicos e grande quantidade de raízes (Silva et al., 2010).

Tabela 14. Respiração basal do solo (RBS) no tempo após a implantação de espécies de plantas de cobertura ao solo.

Dias/ Plantas de cobertura	RBS (mg CO ₂ kg solo h ⁻¹)							
	1	2	4	7	10	13	16	21
Camada 0-0,10 m								
V. espontânea	3,76 ^{ns} a	5,60Aa	5,07Ba	2,29Aa	1,77Aa	1,62Ba	1,83Aa	0,83 ^{ns} a
C. juncea	3,95 a	6,20Aa	5,23Ba	1,68Ba	1,75Aa	1,33Ca	1,48Aa	1,13 a
C. spectabilis	4,79 a	4,04Ba	7,26Aa	1,47Ca	1,97Aa	1,46Ba	1,54Aa	0,90 a
C. ochroleuca	3,89 a	3,57Ba	4,70Ba	1,13Ca	1,36Ba	1,15Ca	1,31Ba	0,91 a
Guandu anão	3,32 a	4,82Aa	2,85Ba	1,71Ba	1,41Ba	1,97Aa	1,65Aa	0,53 a
Guandu fava larga	4,17 a	6,04Aa	4,04Ba	2,21Aa	1,82Aa	1,50Ba	1,66Aa	0,82 a
Mucuna preta	3,67 a	3,60Ba	5,64Aa	1,12Ca	1,75Aa	1,12Ca	0,91Ca	0,86 a
Braquiária	4,57 a	0,72Ca	6,23Aa	1,03Cb	1,80Aa	1,27Ca	1,56Aa	0,90 a
Milheto	4,10 a	5,85Aa	5,04Ba	1,93Ba	1,76Aa	1,60Ba	1,25Ba	0,81 a
C. spectabilis + milheto	4,04 a	5,51Aa	4,64Ba	1,68Ba	1,72Aa	1,63Ba	1,65Aa	0,73 a
C. ochroleuca+ milheto	3,76 a	6,17Aa	4,04Ba	1,89Ba	1,73Aa	1,58Ba	1,59Aa	0,75 a
Camada 0,10-0,20 m								
V. espontânea	3,48 ^{ns} a	5,89Aa	4,57Ba	1,67Ab	1,51Bb	1,94Aa	1,53Aa	0,85 ^{ns} a
C. juncea	4,07 a	5,07Aa	5,07Aa	1,60Aa	1,84Aa	1,48Ba	1,34Ba	0,78 a
C. spectabilis	5,23 a	4,45Aa	6,64Aa	1,51Aa	1,74Ab	1,41Ba	1,74Aa	0,93 a
C. ochroleuca	3,60 a	2,98Ba	5,76Aa	1,20Ba	1,42Ba	1,14Ba	1,10Ba	0,98 a
Guandu anão	3,42 a	4,23Aa	2,70Ba	1,71Aa	1,61Ba	1,93Aa	1,34Ba	0,78 a
Guandu fava larga	3,73 a	4,57Aa	3,95Bb	1,59Aa	1,91Aa	1,34Ba	1,40Ba	0,78 a
Mucuna preta	4,01 a	3,26Ba	6,76Aa	0,89Ba	1,57Ba	1,21Ba	1,22Ba	0,93 a
Braquiária	4,95 a	0,20Ca	4,01Bb	1,59Aa	1,87Aa	1,26Ba	1,39Ba	0,91 a
Milheto	4,35 a	5,98Aa	5,67Aa	1,78Aa	1,83Aa	1,51Ba	1,56Aa	0,75 a
C. spectabilis + milheto	4,04 b	4,79Aa	3,45Ba	1,67Aa	1,61Ba	1,75Aa	1,33Ba	0,73 a
C. ochroleuca+ milheto	3,39 a	5,40Aa	3,76Ba	1,60Aa	1,82Aa	1,18Bb	1,66Aa	0,85 a

Médias seguidas de letra maiúsculas comparam tratamentos na mesma camada. Médias seguidas de letra minúsculas comparam a mesma espécie entre camadas, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

A qualidade da biomassa vegetal tem forte relação com a respiração do solo. Em geral, pelo maior conteúdo de P e formas de carbono que promovem acesso mais rápido à energia e, além disso, pela ação antrópica causada no manejo das plantas que realizam simbiose com microrganismos (Fanin et al., 2010). A produção de CO₂ no interior do solo está relacionada à atividade biológica, incluindo a respiração das raízes e a decomposição da matéria orgânica do solo pela atividade microbiana (Lopes et al., 2010), mas segundo Fialho et al. (2006), depende da composição da biomassa microbiana.

Além disso, o próprio sistema radicular de algumas plantas de cobertura contribui para o efeito rizosférico, proporcionando maior disponibilidade de substrato orgânico para a microbiota do solo (Lima Filho et al., 2014). Somados a essas informações o uso da braquiária por meio da produção de palhada e de sua capacidade de exploração do solo por meio do sistema radicular, apresenta grande absorção e acúmulo de nutrientes,

sendo os mesmos liberados para o solo a partir da decomposição de sua palhada e rizodeposição. Este padrão acarreta em maior atividade microbiana, resultando em aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo, com incorporação parcial do carbono presente em estruturas orgânicas dos microrganismos, sendo a maior parte liberada na forma de C-CO₂ (Loss et al., 2013).

O máximo desprendimento de C-CO₂ ocorrido nos tratamentos foi observado do segundo aos décimo sexto dia após a incubação em todas as camadas (Tabela 14). As maiores liberações de C-CO₂ verificadas nas avaliações iniciais podem ser decorrentes da maior oferta de alimento além da aeração proporcionando maiores estímulos à atividade microbiana. A evolução de C-CO₂ reduziu gradativamente do 7º até o 21º dia de incubação.

A respiração microbiana diminui com a profundidade do solo e correlaciona-se significativamente com o conteúdo de matéria orgânica e os outros indicadores biológicos. Considerando que taxas muito elevada de respiração microbiana podem indicar a possibilidade de maiores perdas de carbono do solo, como consequência de degradação mais acelerada, a similaridade entre as áreas permite inferir que a adição de plantas de cobertura não implica em maiores perdas de carbono do solo, sendo capaz de manter o nível de atividade biológica do solo semelhante aos de áreas de vegetação nativa (Belo et al., 2012).

A respiração basal do solo acumulada, informa a evolução do C-CO₂ e o tempo de estabilização, com base em características e valores comuns. No segundo dia de incubação do solo, na camada de 0,00-0,10 m, observou-se que a RBS apresentou valores semelhantes para alguns tratamentos e em outros maior variação. Nos tratamentos de V. espontânea, C. juncea, guandu anão, guandu fava larga, milho e os consórcios de C. spectabilis + milho, C. ochroleuca + milho a liberação de C-CO₂ variou entre 6,20 e 5,51 mg CO₂ 100 g solo⁻¹. Já nos tratamentos com C. ochroleuca, C. spectabilis, mucuna preta e braquiária os valores variaram entre 4,82 e 0,72 mg CO₂ 100 g solo⁻¹. A elevada liberação de carbono na forma de CO₂ nos tratamentos com plantas de cobertura pode ocorrer devido a diversos fatores como revolvimento do solo, incorporação de resíduos com elevada relação C/N do resíduo, que estimulam a população microbiana do solo ou indicam distúrbios na população edáfica (Boechat et al., 2017).

Por fim, deve-se levar em consideração que no plantio direto, aumentos na respiração do solo têm sido justificados pelo acúmulo de matéria orgânica rica em

frações lábeis à superfície (Vargas e Scholles, 2000). No presente estudo, este comportamento foi verificado, uma vez que as diferenças na RBS entre as plantas de cobertura foram significativas. No entanto, é importante considerar que as áreas sob as plantas de cobertura envolvidas neste trabalho são recentes (entre um a dois anos) e que a biomassa microbiana pode estar ainda em adaptação às condições do solo. Além disso, diferenças climáticas entre os Cerrados influenciam diretamente a dinâmica de carbono no ecossistema e o comportamento e atividade dos microrganismos do solo, motivo pelo qual é possível ocorra maior diferenciação entre os valores de RBS ao longo do tempo.

Na camada de 0,10-0,20 m no tempo de 10 dias após incubação, houve formação de três grupos distintos (Figura 7), com semelhança entre os tratamentos dentro de cada grupo. O primeiro grupo com valores superiores de RBS engloba os solos cobertos pelas espécies *C. spectabilis* e milho. No segundo grupo, com valores intermediários, observou-se semelhança nas espécies de *C. juncea*, *V. espontânea*, e mucuna preta. E por fim, com os menores valores de RBS, os tratamentos de *C. ochroleuca* + milho, guandu fava larga, consórcio de *C. spectabilis* + milho, *C. ochroleuca*, guandu anão e braquiária respectivamente.

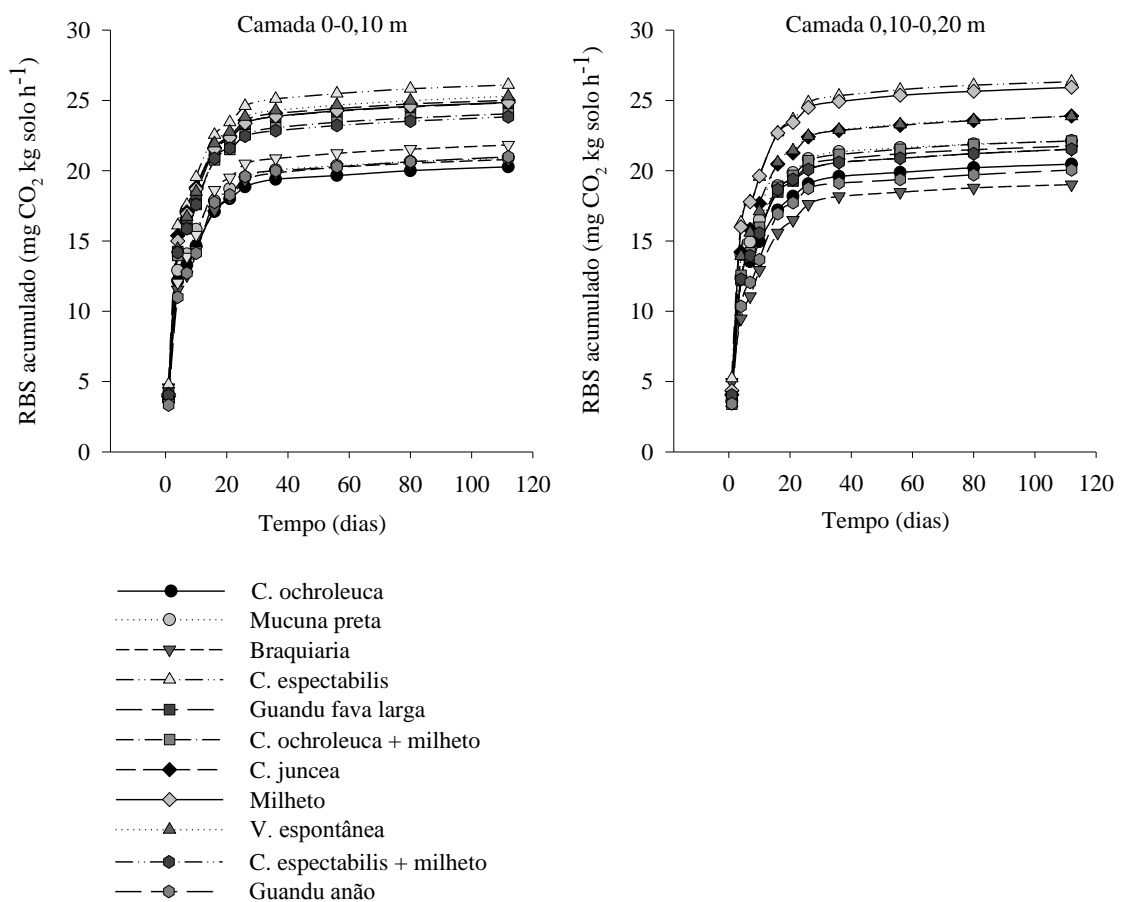


Figura 7. Respiração basal do solo (RBS) acumulada durante 112 dias de incubação.

4. CONCLUSÕES

Os atributos microbianos do solo são sensíveis à utilização de plantas de cobertura.

A maior liberação de C-CO₂ é observada nas áreas com vegetação espontânea, Crotalária juncea, guandu fava larga e consórcio de Crotalária spectabilis + milho na camada de 0-0,10 m, até o quarto dia após a incubação.

O maior incremento na atividade da biomassa microbiana ocorre na camada superficial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. S., CAMPOS, L. L., NETO, N. E., MATSUOKA, M., LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p. 341-347, 2011.

ASSIS, É. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 175-186, 2010.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

AMADO, T.; BAYER, C.; ELTZ, F.; BRUM, A. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto ea melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOCA, M.; LOUREIRO, M.F.. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient of CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ANDERSON, T. H., DOMSCH, K. H. Application of ecophysiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 251-255, 1990.

ANDRADE JUNIOR , A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H.; FIGUEIREDO JÚNIOR, L. G.; OLIVEIRA C.; GOMES, A. A.; PEIXOTO, L. O. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí**. Teresina, Embrapa Meio-Norte. 2004:151p.

ARAÚJO NETO, S. E.; da SILVA, A. N.; KUSDRA, J. F.; KOLLN, F. T.; ANDRADE NETO, R. C. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p.650-658, 2014.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.

BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C.. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v.42, p.2174-2181, 2010.

BALOTA, E. L.; CALEGARI, A.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: A long-term study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.197, p.31-40, 2014.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.15-20, 2003.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; MATOS, M. A. Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.487-495, 2012.

BELO, E. S.; TERRA, F. D.; ROTTA, L. R.; VILELA, L. A.; PAULINO, H. B.; SOUSA, E. D.; VILELA, L. A. F.; CARNEIRO, M. A. C. Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um Latossolo Vermelho de Cerrado. **Gl. Sci Technol.**, v.05, p.107-116, 2012.

BOECHAT, C. L.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. A; BOMFIM, M R.; SANTOS, A. C. dos. Industrial and urban organic wastes increase soil microbial activity and biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p. 1629-1636, 2012.

BOECHAT, C. L.; GIOVANELLA, P. ; AMORIM, M. B. S.; ENILSON, L. S. O. C.; FLÁVIO, A. Metal-resistant rhizobacteria isolates improve *Mucuna deeringiana* phytoextraction capacity in multi-metal contaminated soils from a gold mining area. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 24, p. 3063-3073, 2017.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v.67, p.455-462, 2008.

CORRÊA, A. L.; SOUZA ABBOUD, A. C.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. A.; RIBEIRO, R. D. L. D. Adubação verde com crotalária consorciada ao mini milho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v.61, p. 956-963, 2014.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.603-611, 2011.

CUNHA, Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção

orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.603-611, 2011.

DALLA COSTA, G., SILVA; M. A. A.; DEMÉTRIO, G. B.; SILVA, M. A.; MATSUMOTO, L. S. Influência da adubação nos atributos microbiológicos do solo na produção de milho silagem. **Synergismus scyentifica**, v. 9, p.1-5, 2014.

DINESH, R.; SURYANARAYANA, M.A.; GHOSHAL CHAUDHURI, S.; SHEEJA, T. E.; SHIVA, K. N. Long-term effects of leguminous cover crops on biochemical and biological properties in the organic and mineral layers of soils of a coconut plantation. **European Journal of Soil Biology**, v..42, p.147-157, 2006.

FANIN, N.; HATTENSCHWILER, S.; BARANTAL, S.; SCHIMANN, H.; FROMIN, N. Does variability in litter quality determine soil microbial respiration in an Amazonian rainforest? **Soil Biology & Biochemistry**, v.43, p. 1014-1022, 2011.

FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.; 1, FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansolteiro e consorciado com gramínea no Sul do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**,v.8, p.464-469, 2013.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S.; SILVA JUNIOR, J. N. T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 3, p. 250-257, 2006.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.92, p.17-29, 2007.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas Tropicais & Subtropicais**. Porto Alegre: Ed. Gênese, 1999. cap.11. p.227-243.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; PIO VIANA, A.; SANTOS, G. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1489-1499, 2008.

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

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment

with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology** , v.42, p.288-296, 2009.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 1ª. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2014; 2: 507 p.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; MEDEIROS JÚNIOR, F. A.; SANTOS, M. N., BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, v.59, p.565-570, 2012.

LOPES, M. M., SALVIANO, A. A.C., ARAÚJO, A. S. F., NUNES, L. A. P. L.; OLIVEIRA, M. E. Changes in soil microbial biomass and activity in different Brazilian pastures. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.8, p.1253-1259, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. Carbono mineralizável, carbono orgânico e nitrogênio em macroagregados de Latossolo sob diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 2153-2168, 2013.

MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTINEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.89, p.24-34, 2015.

MOREIRA, D. G.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; CARNEVALI, T. O.; TORALES, E. P.; TABALDI, L. A.; LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.. Produtividade de vinagreira, pimenta rosa e carobinha cultivadas em sucessão a mucuna preta e feijão de porco. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, p.326-335, 2016.

SANTOS ALVES, T.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p.341-347, 2011.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.1584-1592, 2010.

SILVA, S. G. D.; GOMES, M. D. S.; GALLO, A. D. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. D. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.114, p.30-37, 2015.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum**, v.31, p.709-717, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho- Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:35-42, 2000.

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

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, v. 67, p. 321-358, 1992.