

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL



GIANCARLO FRANCISCO PONTES MONTEIRO

SEQUESTRO DE CARBONO E SUPRESSÃO  
DE PLANTAS INVASORAS POR  
COBERTURA VEGETAL

MANAUS-AM  
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL

GIANCARLO FRANCISCO PONTES MONTEIRO

SEQUESTRO DE CARBONO E SUPRESSÃO  
DE PLANTAS INVASORAS POR  
COBERTURA VEGETAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Dr. José Ferreira da Silva

Co-orientador: Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier

MANAUS-AM  
2018

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M775s	Monteiro, Giancarlo Francisco Pontes Sequestro de carbono e supressão de plantas invasoras por cobertura vegetal / Giancarlo Francisco Pontes Monteiro. 2018 78 f.: il. color; 31 cm.  Orientador: José Ferreira da Silva Coorientador: Francisco Alisson da Silva Xavier Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.  1. Plantas de cobertura. 2. Supressão de plantas invasoras. 3. Carbono orgânico do solo. 4. Matéria orgânica . I. Silva, José Ferreira da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
-------	--

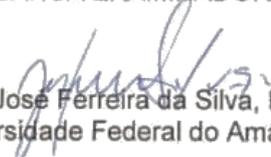
GIANCARLO FRANCISCO PONTES MENTEIRO

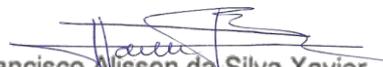
SEQUESTRO DE CARBONO E SUPRESSÃO DE  
PLANTAS INVASORAS POR COBERTURA  
VEGETAL

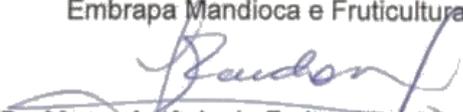
Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia Tropical  
da Universidade Federal do Amazonas,  
como requisito para obtenção do título  
de Doutor em Agronomia Tropical, área  
de concentração em Produção Vegetal.

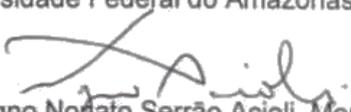
Aprovada em 14 de junho de 2018

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. José Ferreira da Silva, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas

  
Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier, Membro  
Embrapa Mandioca e Fruticultura

  
Prof. Dr. Marco Antônio de Freitas Mendonça, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

  
Prof. Dr. Agno Norato Serrão Acioli, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

  
Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

À DEUS

*A minha esposa Mayara Pereira Monteiro e filha Julia Pereira Pontes Monteiro pelo apoio, incentivo, compreensão, amor, paciência, carinho e dedicação.*

*Aos meus pais Francisco e Ana Socorro Monteiro que nunca mediram esforços para minha formação acadêmica.*

*Aos meus irmãos Gianderson e Giarlison dos quais sempre tive apoio.*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por sempre estar comigo em todos momentos sejam bons ou ruins e por sua direção em minha vida;

Ao meu orientador Prof. Dr. José Ferreira da Silva pela oportunidade, orientação, convivência, amizade e ensinamentos durante a execução desta pesquisa;

Ao meu Co-orientador Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier pela orientação, disponibilidade, apoio, paciência, amizade e sugestões que contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho;

À Universidade Federal do Amazonas, através do Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical possibilitou a realização do curso de doutorado e deste trabalho.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e Fruticultura e Mandioca, pela contribuição na realização das análises de química do solo;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo para execução do projeto de pesquisa que resultou neste trabalho;

A Fazenda Santa Rita, na pessoa do Sr. Ediney, por disponibilizar a área experimental para realização desta pesquisa e pelo apoio às atividades executadas em campo;

Ao Instituto Federal do Amazonas – IFAM *Campus* Eirunepé-AM, que sempre contribuiu para realizações das etapas da Pesquisa.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, pelos ensinamentos e conhecimentos adquiridos;

Ao Sr. Francisco Gaspar de Oliveira (Chefe dos transportes da UFAM), pela agilidade, eficiência e disponibilidade;

Aos motoristas da UFAM que participaram ativamente da realização desta pesquisa;

A Daniela Roa pelo auxílio na execução desta pesquisa;

A Flaviana Lopes Ladeira por contribuir na realização das análises de carbono e pelas sugestões ao trabalho;

Ao Prof. Dr. Silvio Vieiras pelas sugestões na tese;

À equipe do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas: Ajax, Anselmo Ferreira, Bruna Nogueira, Francisco Martins, Géssica, Gilsimar Melo, Jefferson Cavalcante, José Ferreira, Karla, Laís Alves, Leandro Amorim e Vilson por contribuir com esta pesquisa;

À todos aqueles que de alguma forma participaram deste trabalho, muito obrigado.

## SEQUESTRO DE CARBONO E SUPRESSÃO DE PLANTAS INVASORAS POR COBERTURA VEGETAL

### RESUMO

O solo é um compartimento dinâmico em sua composição e é importante para o desenvolvimento das plantas. A utilização das plantas de cobertura contribui para manutenção e melhoria na qualidade do solo e na ciclagem de nutrientes. A biomassa acumulada dessas plantas promove a cobertura do solo, suprime o crescimento e desenvolvimento de plantas invasoras. Também a decomposição desses resíduos vegetais possibilita o acúmulo de matéria orgânica no solo, além do incremento no estoque de C do solo. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do uso de diferentes espécies de plantas de cobertura sobre as propriedades químicas do solo e avaliar o potencial de armazenagem de carbono orgânico destas espécies, além da supressão das plantas invasoras. O estudo foi conduzido na propriedade Fazenda Santa Rosa localizada na rodovia AM 70, Km 12, no município de Iranduba no Estado do Amazonas-AM. As espécies de plantas de cobertura usadas nos tratamentos foram: *Brachiaria decumbens*; *Brachiaria ruziziensis*; Feijão-de-porco; Calopogônio e Milheto. Além das plantas de coberturas, outros tratamentos foram as plantas invasoras como cobertura natural e tratamento sem vegetação. O levantamento fitossociológico das plantas invasoras foi na área dos tratamentos, assim como também a produção de matéria seca das plantas de cobertura e a supressão das plantas invasoras. As frações da matéria orgânica foram coletadas de amostras de solo nas profundidades de 0-20 a 20-40 cm. Em cada parcela foram coletadas três repetições por profundidade e foram avaliadas as seguintes variáveis: carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado aos minerais (COAm), carbono lábil (C<sub>L</sub>). Os índices do efeito de vizinhança (RNE), Índice de manejo de carbono (IMC) e índice de estratificação (IE). Dez espécies de plantas invasoras distribuídas em 8 famílias botânicas foram identificadas. As plantas de Feijão-de-porco e Calopogônio foram as que proporcionaram maior cobertura do solo e as principais supressoras das plantas invasoras. Também acumularam altas quantidades de matéria seca foram *B. decumbens* e *B. ruziziensis* com 12 t ha<sup>-1</sup> e 11,5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Não houve diferença nos teores de carbono no solo entre as diferentes profundidades e espécies de plantas de cobertura. As plantas de cobertura sequestraram carbono e com qualidade superior da matéria orgânica, quando comparadas sem a cobertura vegetal. Estas plantas foram eficientes em manter e elevar os estoques de matéria orgânica do solo.

**Palavras-chave:** Plantas de cobertura. Supressão de plantas invasoras. Carbono orgânico do solo. Matéria orgânica.

## CARBON SEQUESTRATION AND INVASIVE PLANTS SUPPRESSION BY VEGETAL COVERAGE

### ABSTRACT

Soil is a dynamic compartment in its composition and it is important for the development of plants. The use of cover crops contributes to the maintenance and improvement of soil quality and nutrient cycling. The accumulated biomass of these plants promotes soil cover, suppresses the growth and development of invasive plants. Also the decomposition of these vegetal residues allows the accumulation of organic matter in the soil, in addition to the increment in the C stock of the soil. The aim of this study was to evaluate the effect of the use of different species of cover plants on the chemical properties of the soil and to evaluate the storage potential of organic carbon of these species, besides the suppression of invasive plants. The study was conducted at Fazenda Santa Rosa, located on AM 70 highway, Km 12, in Iranduba town, State of Amazonas-AM. The species of cover plants used in the treatments were: *Brachiaria decumbens*; *Brachiaria ruziziensis*; jack bean; Calopogonium and Millet. In addition to the cover crops, another treatment were the invasive plants as natural cover and non-vegetation treatment. The phytosociological survey of the invasive plants was in the area of the treatments, as well as the dry matter production of the cover plants and the invasive plants suppression. Fractions of organic matter were collected from soil samples at depths from 0-20 to 20-40 cm. In each plot, three replicates per depth were collected and the following variables were evaluated: total organic carbon (TOC), particulate organic carbon (COP), organic carbon associated with minerals (COAm), labile carbon (CL). The indexes of the neighborhood effect (RNE), carbon management index (BMI) and stratification index (SI). Ten invasive plant species distributed into 8 botanical families were identified. The plants of jack Bean of pig and Calopogônio were those that provided greater coverage of the soil and the main suppressors of the invasive plants. Also accumulated high amounts of dry matter were *B. decumbens* and *B. ruziziensis* with  $12 \text{ t ha}^{-1}$  and  $11.5 \text{ t ha}^{-1}$ , respectively. There was no difference in soil carbon content among the different depths and species of cover plants. The cover plants sequestered carbon and with superior quality of the organic matter, when compared without vegetal cover. These plants were efficient in maintaining and increasing the stocks of organic matter in the soil.

**Keywords:** Cover plants, suppression of invasive plants, soil organic carbon. Organic matter.

## LISTA DE FIGURAS

Figuras 1 - Localização do município de Iranduba no Estado do Amazonas .....	34
Figura 2 - Localização da área do experimento, propriedade Fazenda Santa Rosa, Iranduba-AM, 2018 .....	34
Figura 3 - Valores médios mensais de precipitação pluviométrica e temperatura média, durante o período de janeiro a dezembro de 2017. Ramal do caldeirão na região de Iranduba-AM.....	35
Figura 4 - Croqui do experimento na propriedade Fazenda Santa Rosa no Caldeirão), Município de Iranduba-AM, 2017 .....	36
Figura 5 - Percentagem de cobertura do solo sob os diferentes tipos de plantas de cobertura. Fazenda Santa Rosa-AM, 2017 .....	44
Figura 6 - Plantas de cobertura do solo aos 2 meses após semeadura: 1- <i>B. decumbens</i> ; 2- <i>B. ruziziensis</i> ; 3- <i>Feijão-de-porco</i> ; 4- <i>Calopogônio</i> ; 5- <i>Milheto</i> ; 6- Plantas invasoras e 7- Sem vegetação. ....	47
Figura 7 – Acúmulo de matéria seca total ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) pelas plantas de cobertura e das plantas invasoras. ....	48
Figura 8 – índice do efeito de adjacente (RNE), em %, das coberturas vegetais sobre as plantas invasoras.....	50

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Valores médios dos atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes da instalação dos experimentos, na Fazenda Santa Rosa, 2017. .....	40
Tabela 2 - Valores médios da granulometria do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na Fazenda Santa Rosa, 2017.....	40
Tabela 3 - Ocorrência das espécies das plantas invasoras no levantamento na área do experimento, 2017.....	43
Tabela 4 - Valores médios dos atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na Fazenda Santa Rosa, 2017. ....	52
Tabela 5 - Quadrado médio e valores de F, da análise de variância, para as variáveis C orgânico total (COT), C orgânico particulado (COP), C orgânico associado aos minerais (COAm) e C lábil (C-lábil) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017. ....	54
Tabela 6 - Teores de C orgânico total (COT), C orgânico particulado (COP), C orgânico associado aos minerais (COAm) e C lábil (CL) do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017. ....	55
Tabela 7 - Índice de estratificação (IE) do carbono orgânico em função das diferentes coberturas vegetais do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017.....	57
Tabela 8 - Índice de manejo de carbono (IMC) em função das coberturas vegetais nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017. .....	59

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 Plantas de cobertura.....	18
2.1.1 Brachiaria ( <i>B. decumbens</i> L.).....	20
2.1.2 Brachiaria ( <i>Braquiária ruziziensis</i> ).....	22
2.1.3 Feijão-de-porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> L.).....	23
2.1.4 Milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> (L.) Leeke).....	23
2.1.5 Calopogônio ( <i>Calopogonium mucunoides</i> ).....	25
2.2 Dinâmica do Carbono no solo .....	26
2.3 Sequestro de carbono.....	29
2.4 Índice de manejo de carbono (IMC) .....	31
3 HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	33
3.1 Objetivo Geral .....	33
3.2 Objetivos Específicos.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1 Avaliações das plantas de cobertura e das plantas invasoras.....	37
4.1.1 Biomassa das coberturas vegetais e plantas invasoras .....	37
4.1.2 Matéria seca das plantas de coberturas .....	38
4.2 Avaliação da dinâmica do carbono orgânico do solo em função do uso de coberturas vegetais .....	39

4.2.2 Carbono orgânico total.....	40
4.2.3 Carbono orgânico particulado.....	40
4.2.4 Oxidação do carbono por permanganato de potássio.....	41
4.2.5 Índice de Manejo de Carbono (IMC).....	42
4.3 Estatística.....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
6 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura convencional, praticada pela maioria dos agricultores, geralmente utiliza bastante os insumos agrícolas. Estes, além de aumentar os custos de produção, podem causar contaminação das águas superficiais e subterrâneas, comprometendo, assim, a utilização deste recurso natural.

As práticas intensivas de manejo do solo, como uso de arado e grade, têm-se demonstrado inadequadas por contribuir com a redução da qualidade física, química e biológica do solo (CARVALHO et al., 2006), intensificando a perda dos recursos naturais, além de incrementar a emissão de gases do efeito estufa, gerando consequências negativas substanciais na produção e produtividade das culturas. Segundo Teixeira et al. (2010) nesse manejo ocorre um decréscimo expressivo nos estoques de matéria orgânica do solo (MOS), em comparação ao plantio direto.

Durante esses processos é inevitável o aparecimento das plantas invasoras e por terem características rústicas, conseguem sobreviver nessas áreas, através da produção de sementes e a desuniformidade da emergência, como também sua adaptação a solos de baixa fertilidade. E a presença dessas plantas no agroecossistemas pode proporcionar interferência sobre as plantas cultivadas, afetando a produtividade da cultura.

Um dos problemas da produção agrícola no Amazonas é o controle das plantas invasoras. Normalmente esse controle é realizado por meio do uso inadequado de herbicidas, que por sua vez tem custos elevados ao produtor e causa danos ambientais e põe em risco a saúde dos trabalhadores. Como alternativa para tal problema, tem-se o controle dessas plantas a partir do uso de coberturas

vegetais que, por não ser baseada exclusivamente no emprego de agrotóxicos, pode contribuir significativamente para uma mudança da realidade, conferindo a esta atividade maior sustentabilidade e avanços no manejo das plantas invasoras.

As plantas de cobertura, exercem um importante efeito no manejo das plantas invasoras, além de serem incorporadas ou mantidas sobre a superfície do solo, tem como objetivo adicionar matéria orgânica, reciclar nutrientes e fixar nitrogênio biologicamente (SAMINEZ et al., 2007). Esse potencial de armazenagem de matéria orgânica pode ser traduzido em quantidade de carbono orgânico sequestrado no solo.

Para cobertura do solo, de maneira geral, são utilizadas espécies pioneiras do banco de semente do solo. Contudo, é recomendado especialmente as leguminosas (Fabaceae) e/ou gramínea (Poaceae) e até mesmo a consorciação entre elas.

A cobertura vegetal forma uma barreira física, impedindo novas infestações de plantas invasoras, além de estimular os microrganismos presentes no solo, acelerando o processo de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais. As discussões sobre mudanças climáticas globais, este trabalho tem o objetivo de identificar as plantas de cobertura que sejam capazes de aumentar o estoque de carbono no solo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Plantas de cobertura

Recentemente, as plantas de cobertura têm recebido expressiva atenção de pesquisas, pois constituem alternativa para elevar a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Plantas como o milheto e as braquiárias têm destaque, pois é possível tê-las em sucessão a lavouras comerciais de milho ou soja, o que viabiliza a exploração de pastagens na entressafra de verão, em sistema de integração lavoura-pecuária, e ainda produz palhada para o plantio direto (SORATTO et al., 2011).

As plantas de cobertura devem apresentar alta capacidade de produção de fitomassa e, sobretudo, elevada resistência à decomposição, que se relaciona à proporção entre carbono e nitrogênio (CRUSCIOL et al., 2005) ou ao nível de recalcitrância dos resíduos (GIACOMINI et al., 2003). Carpim et al. (2008) destacam que o estágio de florescimento é o momento ideal para o manejo das plantas de cobertura, em razão do maior acúmulo de fitomassa e nutrientes.

O uso de plantas de cobertura, sejam gramíneas ou leguminosas, é uma eficiente prática para a manutenção e ciclagem de nutrientes no solo. As plantas de cobertura são recomendadas para associação com as culturas, principalmente, pelo potencial de adição de N, sendo também, importantes para o sequestro de carbono no solo (SISTI et al., 2004).

Trabalho realizado por Pacheco et al. (2011) demonstrou que as plantas de cobertura apresentaram efeitos significativos quanto à produção de fitomassa e aos

teores de N e P, em Santo Antônio de Goiás, e Ca e Mg em Rio Verde, o que evidencia a contribuição das plantas de cobertura na produção de palhada e ciclagem de nutrientes.

Carneiro et al. (2008) verificaram que a maior fitomassa de uma planta pode ser influenciada pela época de semeadura e, conseqüentemente, pelas condições do ambiente. Neste contexto, para avaliar a eficiência de uma planta como adubação verde, deve-se observar a produção na quantidade de biomassa e se recicla elevada quantidade de nutrientes. Maior biomassa promove aumento na cobertura do solo e, em contrapartida, também maior teor de matéria orgânica, proporcionando benefícios como maior infiltração e armazenamento de água no solo, drenagem, aeração e interferência direta na resistência mecânica do solo (SUZUKI & ALVES, 2006).

Vários estudos têm mostrado efeitos benéficos de plantas de cobertura nas propriedades do solo e no rendimento das culturas, decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes pela decomposição da palhada (CALONEGO et al., 2005; TORRES et al., 2005; BOER et al., 2007).

A eficácia desse sistema está relacionada, entre outros fatores, à quantidade e à qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (ROSOLEM et al., 2005). A palha na superfície do solo é reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003a) ou lenta e gradual (CRUSCIOL & SORATTO, 2009), a depender das interações entre a espécie utilizada, manejo da fitomassa (época de semeadura e de corte), umidade (regime de chuvas), aeração, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, composição química da

palha e tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (OLIVEIRA et al., 1999; ALCÂNTARA et al., 2000; CALONEGO et al., 2005).

Os resultados dessa prática agrícola têm demonstrado que os efeitos benéficos da cobertura, quando adequadamente escolhida, conduzida e manejada, além de proteger e conservar o solo, promove aumentos na produtividade das culturas anuais e perenes e propicia a redução das plantas invasoras e gastos com herbicidas, no aporte de macronutrientes (AZEVEDO et al., 2015; MARTINELLI et al., 2013).

As leguminosas, devido as suas características particulares e potencial para múltiplos usos exercem, mais que qualquer outra família de plantas, um papel significativo nos sistemas de produção, seja como adubos verdes pela ciclagem de nutrientes e fixação biológica de N, ou como coberturas vegetais melhoradoras do solo no controle integrado das plantas invasoras, associadas a outras práticas de manejo conservacionista. Contudo, a adubação verde não se restringe unicamente ao uso de espécies leguminosas, como o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), sendo outras famílias também utilizadas como gramíneas, especificamente milheto (*Pennisetum glaucum*), braquiárias (*Brachiaria spp.*).

#### 2.1.1 Brachiaria (*B. decumbens* L.)

Gramínea de hábito decumbente, bastante enfolhada, formando denso relvado de até 100 cm de altura. Folhas muito pubescentes e inflorescências

racimosas, contendo racemos com fila dupla de sementes também pubescentes, ráquias em zigue-zague e finas.

As plantas são robustas, geniculadas em alguns nós inferiores e pouco radicantes. Os rizomas apresentam-se na forma de pequenos nódulos e emitem grande quantidade de estolões, bem enraizados e com pontos de crescimento protegidos (rizomas e gemas axilares).

A sua difusão deu-se de forma acentuada, devido à boa produção e elevada disseminação pela sementeira natural, com alta produtividade em solos ácidos e de baixa fertilidade, tendo ótima adaptação a solos de cerrado, alta agressividade na competição com as plantas invasoras e formação de populações exclusivas, dispensando roçadas frequentes e elevada persistência.

*Brachiaria decumbens* recupera-se rapidamente após o pastejo e a queimada, além de apresentar boa tolerância ao sombreamento. Mesmo com boa tolerância a solos ácidos, responde bem a adubação e tem alto potencial produtivo em solos férteis. Não tolera solos inundados e é suscetível as cigarrinhas-das-pastagens (*Deois flavopicta* e *Zulia entreciana*), crescendo bem no verão, porém tem sua produção afetada por baixas temperaturas, sofrendo bastante com geadas. A cobertura do solo é rápida, quando se utiliza uma boa densidade de sementeira. Esta característica permite uma boa proteção contra erosões do solo, sendo este material recomendado para áreas de declive acentuado.

### 2.1.2 Brachiaria (*Braquiária ruzizensis*)

O cultivo de gramíneas perenes, p. ex. braquiária, em consorciação com culturas anuais, como o milho, pode aumentar o teor de matéria orgânica do solo e favorecer a estabilidade dos agregados do solo. A braquiária é uma espécie cujo desenvolvimento de parte aérea permite a cobertura total do solo, protegendo-o do efeito erosivo do impacto direto das gotas de chuva e, dessa forma, minimizando o selamento superficial.

O seu sistema radicular fasciculado forma uma malha que retém as partículas de solo e evita assim sua perda por erosão, permitindo sua conservação ao longo dos cultivos (BARBER & NAVARRO, 1994; SANTOS et. al., 2014).

O uso de plantas de cobertura com hábito perene, capazes de suportar o estresse hídrico e altas temperaturas durante o inverno e a primavera no Cerrado, como as braquiárias (*B. brizantha* e *B. ruzizensis*), podem proporcionar significativo acúmulo de fitomassa e retardar o início de sua decomposição em relação ao milheto (PACHECO et al., 2008).

Em uma avaliação da ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura o *B. ruzizensis* e o *B. brizantha* apresentaram maior eficiência no acúmulo e na liberação de nutrientes, principalmente quanto ao potássio. *B. ruzizensis* é a espécie mais recomendada como planta de cobertura precursora à cultura do arroz de terras altas, em plantio direto (PACHECO et al., 2013).

### 2.1.3 Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.)

O feijão-de-porco é uma planta tropical, pertencente à família Fabaceae cultivada nos países tropicais como cobertura verde. Nas Antilhas é encontrada em estado silvestre e nas zonas tropicais africanas e asiáticas, acredita-se que essa espécie seja de origem centro-americana (CALEGARI et al., 1993).

Planta de crescimento ereto e de hábito determinado (0,6 a 1,2 m). Folhas alternadas, trifolioladas; folíolos grandes elíptico-ovais, de cor verde-escura brilhante, com nervuras bem salientes; inflorescências axilares em racemos grandes; flores grandes, corola de cor violácea ou roxa; vagem achatada, larga e comprida (25 cm ou mais), coriácea, bivalva com estrias longitudinais, contendo 4 a 18 sementes; sementes grandes, de forma arredondada-ovalada, de cor branca ou rosada; hilo oblongo de cor parda, rodeado de uma zona de cor castanha, com uma lingüeta de cor branca (CALEGARI et al., 1993). O feijão-de-porco é resistente a altas temperaturas e à seca. Tolerante a sombreamento parcial e a geada, adaptando-se a diferentes tipos de solo, inclusive solos pobres.

### 2.1.4 Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke))

O milheto é uma gramínea bastante rústica, com grande produção de matéria seca (8 a 10 t ha<sup>-1</sup>), ciclo médio de 60 a 90 dias, altura de 0,5 a 2,5 m, conforme a cultivar, que consegue rebrotar muito bem após roçado no início do florescimento. Seu cultivo tem aumentado, principalmente em razão da sua alta capacidade de formar cobertura seca (palha) na superfície do solo. É uma espécie bastante

utilizada na entressafra, em razão de seu crescimento rápido e ciclagem de nutrientes mesmo em condições de déficit hídrico.

Pacheco et al. (2011b) relataram que o milheto (*Pennisetum glaucum*), em sistema plantio direto, acumula expressiva quantidade de fitomassa e nutrientes no início da entressafra (destaque para N e K).

Em outro trabalho, Pacheco et al. (2011a) observaram elevados índices de liberação de nitrogênio e fósforo após a dessecação dos cultivos de cobertura, e maiores produtividades de arroz nos tratamentos precedidos pelo cultivo de *P. glaucum*, em sistema plantio direto.

Segundo Boer et al. (2007), no Cerrado goiano, a cultivar ADR 300, semeada em abril, alcança o estágio de florescimento aos 60 dias após a emergência, com produção de fitomassa seca superior a 10.000 kg ha<sup>-1</sup> e capacidade de acúmulo de mais de 400 kg ha<sup>-1</sup> de potássio em sua parte aérea. Torres et al. (2005) observaram no Cerrado do triângulo mineiro, que o *P. glaucum* foi capaz de acumular mais de 150 kg ha<sup>-1</sup> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio quando semeado em outubro e março, respectivamente.

A fitomassa do milheto apresenta as maiores taxas de decomposição e de liberação de nutrientes em relação a crotalária. Essas taxas são mais intensas entre 0 e 18 dias após manejo. Com o transcorrer do tempo, as relações C/N, C/P e C/S aumentam e a relação C/Si, bem como a taxa de decomposição da fitomassa, diminui. O potássio é o nutriente de liberação mais rápida, e o silício apresenta a menor taxa de liberação (SORATTO et al., 2012).

A ciclagem de nutrientes está relacionada com a capacidade de absorção das diferentes espécies de plantas de cobertura. Já as velocidades de decomposição e liberação de nutrientes das palhadas produzidas pelas mesmas, têm com fator principal a relação C/N, com diferença marcante entre gramíneas e leguminosas.

Neste sentido, o trabalho conduzido por Teixeira et al. (2010) avaliou a produção de matéria seca, teor, acúmulo, decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) solteiro e consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.), em ambiente de campo. A palhada de milho + feijão-de-porco apresentou maior quantidade de matéria seca e maiores teores de N e Ca, ciclando maior quantidade de todos os macronutrientes. A palhada de milho + feijão-de-porco apresentou maiores velocidades de decomposição e liberação de N, Ca e Mg.

#### 2.1.5 Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*)

É uma planta nativa da América do Sul tropical da família das leguminosas. É utilizado para pastoreio com gramíneas, mas também como pasto de corte ou para feno; pode ser utilizado, também, no combate à erosão, quando incorporado ao solo (BUFARAH, 1999). No ambiente, tal planta é relativamente livre do ataque de pragas e doenças, o que a torna um interessante objeto de estudo.

O calopogônio é uma leguminosa forrageira, tem crescimento inicial lento, mas, após 4 a 5 meses de emergência, forma densa camada vegetal de até 70 cm de altura. Rasteira e trepadora, com crescimento de verão, tornando-se perene em

climas úmidos com precipitação pluviométrica acima de 1125 mm. Apresenta boa resistência a umidade, ao sombreamento e alta resistência a cigarrinha.

Em região de estação seca ou com ocorrência de geadas, perde as folhas e pode morrer durante o período seco, mas se regenera na estação chuvosa. Uma das vantagens do calopogônio estão na sua capacidade de fixar nitrogênio, contribuindo assim, para melhorar a qualidade do solo.

Esta leguminosa é melhor aproveitada para pastagem em cultivo consorciado com as gramíneas. Pode ser utilizada sob a forma de feno, adubo verde e pastejo direto para bovinos e equinos.

## **2.2 Dinâmica do Carbono no solo**

O carbono, elemento que transita por todos os compartimentos da Terra, diferencia-se em estado e forma, o que faz com que esse elemento seja particularmente importante no contexto do aquecimento global. Ele participa da composição de dois dos principais gases de efeito estufa – o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ), além de recombinar-se com outros elementos e assim potencializar o aquecimento atmosférico que induz às mudanças climáticas em grande escala.

Segundo o Intergovernmental Panel In Climate Change (IPCC, 1996), o solo é o compartimento terrestre com maior reserva de carbono. Alguns projetos visam a adição e manutenção de carbono no solo com maior potencial para a geração de créditos de carbono.

O carbono está presente no solo como carbono mineral e carbono orgânico, podendo ser incorporado como matéria orgânica e substâncias húmicas. Sua permanência e sua emissão no solo estão fortemente ligados aos fatores de formação do solo, como: material parental, clima, aspectos bióticos e tempo.

A matéria orgânica é proveniente da adição de resíduos de origem vegetal e animal e desempenha papel significativo na estruturação do solo e na sua fertilidade (TIBAU, 1987).

O carbono orgânico do solo tem sido utilizado como indicador de alteração e de qualidade do solo, uma vez que estão associados às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir as mudanças de uso do solo (JACKSON et al., 2003).

O solo é um grande reservatório de carbono, sendo um meio biologicamente ativo, onde ocorrem as trocas gasosas da respiração dos microrganismos e também as raízes consomem o oxigênio disponível nos poros e liberam o gás carbônico, conseqüentemente aumentando duas vezes mais sua concentração em relação à atmosfera (LEPSCH, 2002).

No estudo da dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) é importante considerar sua subdivisão, que podem se diferenciar basicamente pela maior ou menor biodisponibilidade (labilidade) à degradação pelos microrganismos. Assim, a MOS pode ser dividida em dois grandes compartimentos: lábil e estável (PORTUGAL et al., 2008; LAL et al., 2016).

Segundo Silva & Mendonça (2007), o compartimento lábil do solo compreende a decomposição do material vegetal, macrofauna edáfica e a biomassa microbiana. A mineralização dos constituintes lábeis ocorre em curto período.

O carbono transita pelos meios bióticos e abióticos, onde é regulado através de redução, reserva e emissão, conforme a natureza de cada compartimento. O ciclo do carbono baseia-se: (1) na conversão do CO<sub>2</sub> em fibras ou alimentos pela fotossíntese, (2) no consumo e oxidação dos carboidratos pelos organismos vivos, ressintetizando-os em CO<sub>2</sub> e outros produtos, principalmente no solo e (3) no retorno do CO<sub>2</sub> para a atmosfera pela respiração e decomposição.

O teor de carbono orgânico no solo indica a quantidade de matéria orgânica acumulada. É a chave para critérios diagnósticos em solos orgânicos e caracterização de vários horizontes diagnósticos superficiais.

A matéria orgânica do solo está entre os indicadores de qualidade do solo que têm a maior relevância, devido à sua importância na formação e manutenção das funções do solo, especialmente, em solos altamente intemperizados, como os Latossolos. É um fato bem conhecido que nestes ambientes a fertilidade do solo depende fundamentalmente da quantidade e da qualidade da MOS.

A MOS do solo é também relevante no contexto das mudanças climáticas globais, já que o solo é o maior reservatório de carbono na superfície terrestre (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; ALVES et al., 2006; PRIMO et al., 2011). Diante disso, os sistemas de manejo do solo devem ter como objetivo, além da produção primária de qualidade, o aumento da matéria orgânica do solo (SALTON et al., 2005).

### 2.3 Sequestro de carbono

O sequestro de carbono refere-se a processos de absorção e armazenamento de CO<sub>2</sub> atmosférico, com intenção de minimizar seus impactos no ambiente, já que trata-se de um gás de efeito estufa (GEE), e visa a diminuição desse efeito (RENNER, 2004).

Embora este conceito tenha sido lançado desde o princípio da Convenção do Clima, este se consagrou somente a partir da Conferência de Kyoto, em 1997, quando foram aprovados os mecanismos de flexibilização dos mecanismos de redução do GEE, que incorporariam o sequestro florestal de carbono (YU, 2004).

Em termos globais o estoque do C do solo corresponde a cerca de 2500 Gt, incluindo o C orgânico e inorgânico, o que equivale 3,3 vezes o estoque encontrado na atmosfera e 4,5 vezes o estoque da biota terrestre. Adicionalmente, o estoque de C orgânico do solo representa um equilíbrio dinâmico em relação à entrada e saída de C do solo (LAL, 2004).

O sequestro de carbono florestal é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global, pelo aumento de GEE. “Os vegetais, utilizando sua capacidade fotossintética, fixam o CO<sub>2</sub> atmosférico, biossintetizando na forma de carboidratos, sendo por fim depositados na parede celular” (RENNER, 2004). Segundo Baird (2002), o dióxido de carbono pode ser removido da atmosfera por meio do crescimento de plantas selecionadas especialmente para essa finalidade.

O estoque de C do solo compreende frações intimamente associadas aos minerais, até frações mais lábeis, pouco ou não associadas à fração mineral, como os resíduos vegetais existentes entre e dentro de agregados do solo (ROSCOE & MACHADO, 2002).

Avaliando os estoques de carbono orgânico total (COT) e estoques de carbono da matéria orgânica particulada em Latossolo Vermelho de textura argilosa no Cerrado (GO) em áreas cultivadas com soja sobre braquiária e soja sobre sorgo, ambas em sistema de plantio direto, Rossi et al. (2012) encontraram maiores valores dessas frações da matéria orgânica do solo (MOS) na área com a braquiária. Os autores concluíram que os resultados encontrados são decorrentes do maior aporte de palhada da braquiária e também da contribuição do sistema radicular via rizodeposição para aumentar os teores de MOS.

Sendo que a redução na concentração e no estoque de carbono nas camadas profundas do solo indica a ocorrência de uma estratificação entre a camada superficial e a subsuperficial do solo devido a adição contínua de carbono pelos resíduos orgânicos e sua decomposição, enriquecendo a camada superficial do perfil do solo (SÁ E LAL, 2009).

Segundo Sá & Lal (2009) a elevada relação de estratificação de C reflete diretamente ao solo uma alta qualidade superficial, que aumenta a infiltração da água no perfil e a estabilidade de agregados. O sistema de plantio direto contribuiu diretamente para a adição contínua de carbono pelos resíduos orgânicos e sua decomposição, enriquecendo a camada superficial do perfil do solo.

Segundo Cerri & Cerri (2007) o solo se constitui num compartimento chave no processo de emissão e seqüestro de carbono, pois em termos globais, há 2 a 3 vezes mais carbono nos solos em relação ao estocado na vegetação.

Assim, manejos inadequados do solo podem assumir um papel desastroso, pois podem mineralizar a matéria orgânica e emitir grandes quantidades de GEE para a atmosfera. Isto demonstra o grau de importância que manejos de solos representam para o planeta atualmente.

#### **2.4 Índice de manejo de carbono (IMC)**

O índice de manejo de carbono (IMC), proposto por Blair et al. (1995), é uma medida relativa das alterações provocadas pelo manejo, quando comparadas a uma situação considerada original (solo sob floresta ou pastagem natural).

O IMC leva em consideração a labilidade da matéria orgânica do solo (MOS) e busca unir as características quantitativas e qualitativas da MOS, como forma de avaliar o desempenho de um determinado sistema de manejo.

O IMC é uma ferramenta útil para subsidiar informações acerca dos melhores sistemas de manejo de solos e culturas, pois integra, numa mesma medida, as variações ocorridas nas diferentes frações da MOS (NICOLOSO et al., 2008). Esse índice é útil para avaliar a capacidade dos sistemas de gestão para promover a qualidade do solo.

As estimativas do IMC são realizadas considerando um índice de compartimento de carbono (ICC) que relaciona o estoque do tratamento em estudo com o estoque de um sistema de referência.

Como referência, usualmente, são utilizadas áreas que não sofreram interferência antrópica (referência positiva), mas podem ser utilizadas também áreas sujeitas à degradação (referência negativa). Para calcular o IMC, é necessário obter o índice de labilidade do carbono (ILC), que avalia a proporção entre os compartimentos da MO (lábeis e não lábeis). Assim, o IMC é calculado tomando por base um sistema de referência (IMC=100).

O IMC é um indicador sobre a qualidade do solo em diferentes sistemas. Há uma estreita relação entre matéria orgânica do solo e características físicas, químicas e biológicas do solo tropical e subtropical (GREENLAND et al., 1992; VEZZANI, 2001).

### **3 HIPÓTESE E OBJETIVOS**

As plantas de cobertura podem aumentar os teores de matéria orgânica do solo e suprimir as plantas invasoras.

#### **3.1 Objetivo Geral**

Determinar o efeito do uso de diferentes espécies de leguminosas e/ou gramíneas sobre propriedades químicas do solo e avaliar o potencial de sequestro de carbono orgânico destas espécies no solo e a supressão de plantas invasoras.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Avaliar a eficiência de diferentes coberturas vegetais como método auxiliar na supressão das plantas invasoras.

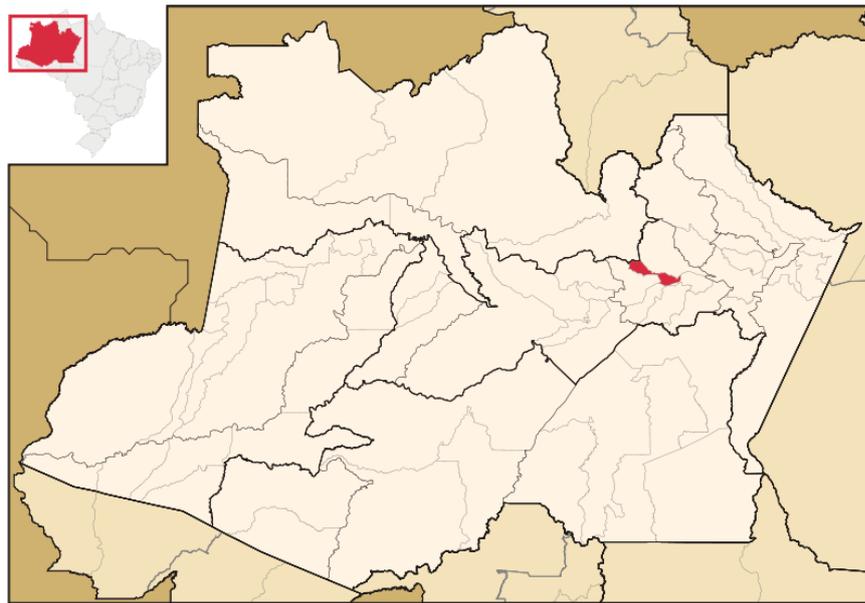
Quantificar os estoques totais de carbono orgânico do solo a partir do uso de diferentes coberturas vegetais.

Avaliar a produção de matéria seca das coberturas vegetais e quantificar matéria orgânica do solo.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na propriedade Fazenda Santa Rosa, localizada na rodovia AM 070, Km 12, no Ramal do Caldeirão, Km 5 na região do município de Iranduba no Estado do Amazonas-AM.

Figuras 1 - Localização do município de Iranduba no Estado do Amazonas



Fonte: Missionary, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10726031>

Figura 2 - Localização da área do experimento, propriedade Fazenda Santa Rosa, Iranduba-AM, 2018

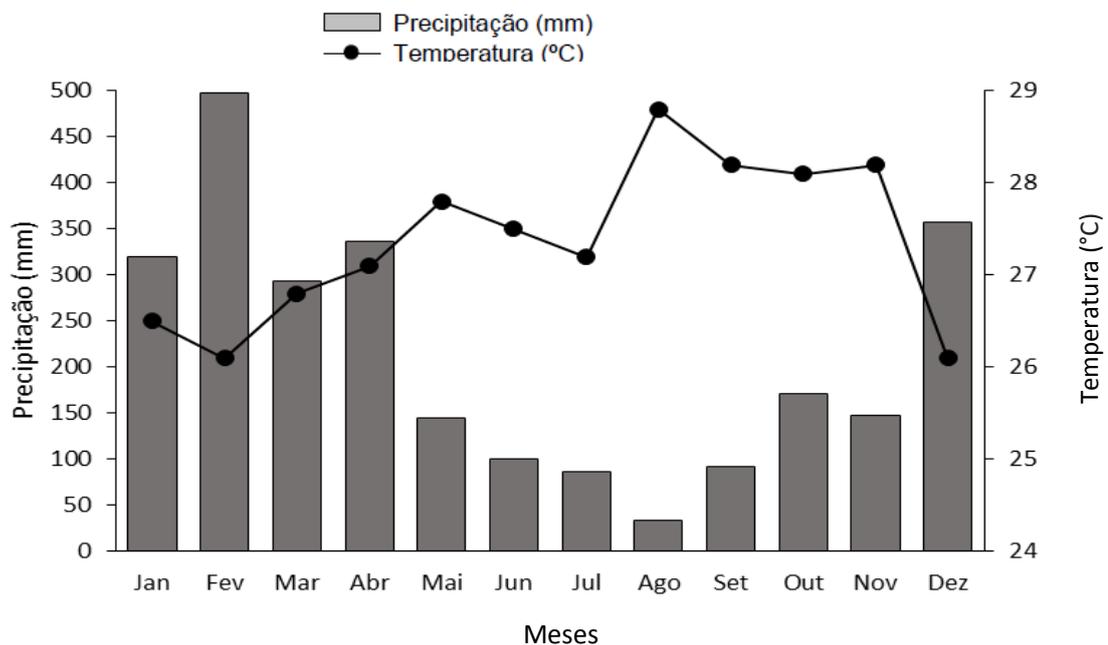


Fonte: Fazenda Santa Rosa

Nessa região, o clima é quente e úmido e corresponde a classificação de Köppen ao tipo Ami com precipitação média anual de 2.015 mm e com médias anuais de temperatura de 27 °C e umidade relativa do ar 88 % (VIANELLO E ALVES, 2002).

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura média mensal durante a condução do experimento foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Ocidental localizada no campo experimental da Embrapa situada no Ramal do Caldeirão na região de Iranduba-AM (Figura 3).

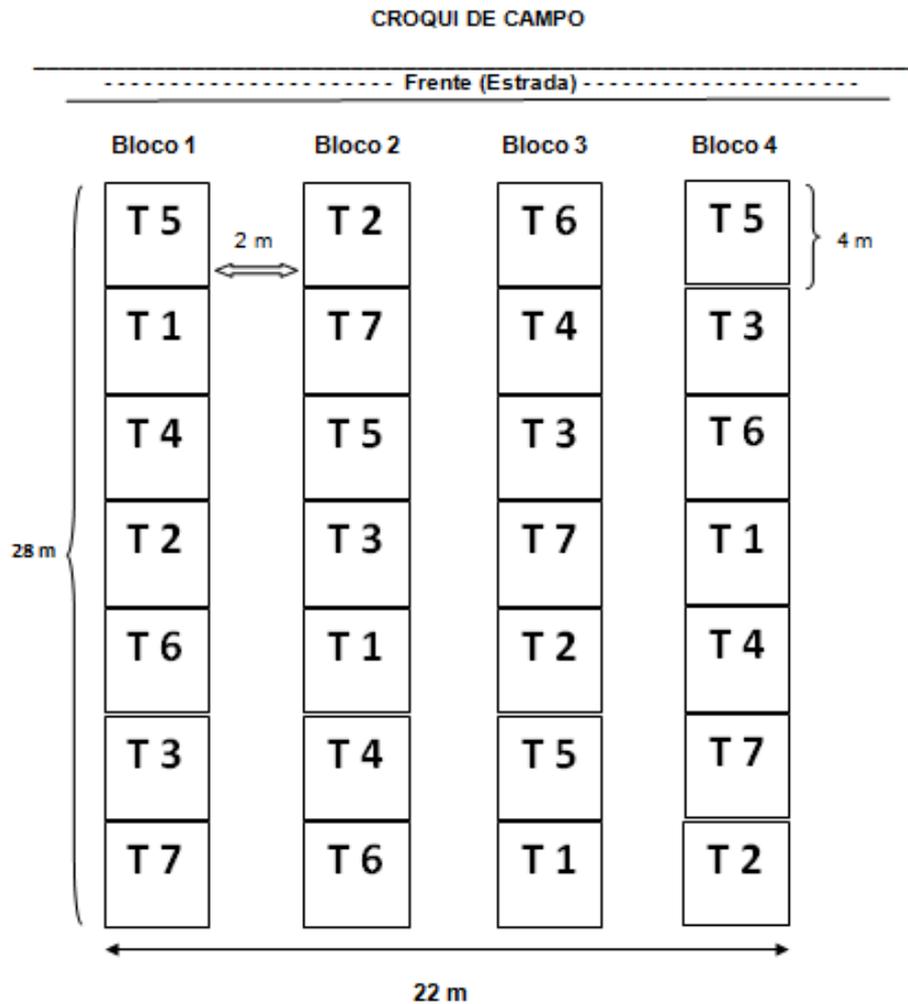
Figura 3 - Valores médios mensais de precipitação pluviométrica e temperatura média, durante o período de janeiro a dezembro de 2017. Ramal do caldeirão na região de Iranduba-AM



O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições. E cada parcela mediu 4 x 4 m. Os tratamentos com plantas de coberturas foram os seguintes: 1- Brachiaria (*B. decumbens* L.); 2- Brachiaria (*B. ruziziensis*); 3- Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.); 4- Calopogônio

(*Calopogonium mucunoides*); 5- Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke), 6- Plantas invasoras e 7- Sem vegetação (Figura 4).

Figura 4 - Croqui do experimento na propriedade Fazenda Santa Rosa no Caldeirão), Município de Iranduba-AM, 2017



Na área do experimento foi realizado no mês de março a limpeza, preparo, demarcação da área. O solo foi preparado com uma gradagem leve. A amostragem do solo foi realizada em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm) de forma aleatória na área do experimento, com o auxílio de trado holandês. As amostras foram enviadas ao Laboratório da Embrapa Mandioca e Fruticultura para análise química do solo.

As plantas de cobertura foram semeadas a lanço durante a segunda semana de março de 2017, de acordo com o croqui de campo (Figura 3) no período chuvoso.

A quantidade de sementes utilizadas nas parcelas experimentais foi calculada a partir da recomendação dos fornecedores (hectare), sendo: 17 kg para as *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis*; 130 kg para o feijão-de-porco; 10 kg para o calopogônio; 15 kg para o milheto.

A semeadura foi a lanço, as sementes foram misturadas ao substrato agrícola Vivatto Slim Plus a fim de aumentar o volume e melhorar a distribuição das sementes nas parcelas. Em seguida, fez-se a incorporação das sementes no solo.

#### **4.1 Avaliações das plantas de cobertura e das plantas invasoras**

##### **4.1.1 Biomassa das coberturas vegetais e plantas invasoras**

Para determinar a densidade e a quantidade de fitomassa produzida para cada cobertura vegetal e o levantamento das plantas invasoras, foi obtida segundo metodologia proposta por Crusciol et al., (2005), que consiste no uso de um retângulo de madeira, com área interna de 0,12 m<sup>2</sup> lançado 4 vezes em cada tratamento. A parte aérea das plantas de cada família e espécie foram cortadas rente ao solo no início do período de florescimento de cada planta de cobertura, sendo: milheto 10/05, feijão-de-porco 25/05, calopogônio 02/06 e *B. decumbens* e *B. ruziziensis* no dia 10/06/17, foram contadas, e colocadas em sacos de papel devidamente identificadas.

Após a coleta das plantas, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de plantas daninhas onde foram identificadas em família e espécie, de acordo com a página da web do Missouri Botanical Garden e literaturas.

Avaliou-se a porcentagem de cobertura do solo na época do florescimento das plantas coberturas, utilizando o “método de interseções” (ALVARENGA, 1993), que consiste na sobreposição de um quadro com “malha de barbantes” sobre a área para determinação da cobertura.

#### 4.1.2 Matéria seca das plantas de coberturas

A matéria seca foi determinada a partir da pesagem da biomassa proveniente do campo, utilizando-se balança de precisão, foi acondicionado em saco de papel e secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir peso constante. O peso da matéria seca total das plantas foi expresso em g por planta e estimado em toneladas por hectare.

E para avaliar o efeito supressivo das plantas de cobertura sobre as plantas invasoras, foi aplicado o índice do efeito de vizinhança (RNE) sobre a matéria seca das plantas de cobertura e das plantas invasoras (WEIGELT E JOLLIFFE 2003; SMITH et al., 2015).

$$RNE = \frac{P_{controle} - P_{mistura}}{x}$$

**onde:**

$P_{controle}$ : é a biomassa das plantas invasoras no tratamento testemunha.

$P_{mistura}$ : é a biomassa das plantas invasoras no tratamento com as plantas de cobertura .

X: é o termo dependente da situação. Se  $P_{controle} > P_{mistura}$ , então  $X = P_{controle}$ ; no entanto, se  $P_{mistura} > P_{controle}$ , então  $X = P_{mistura}$ .

#### **4.2 Avaliação da dinâmica do carbono orgânico do solo em função do uso de coberturas vegetais**

Após a roçagem das plantas de cobertura, as amostras do solo foram coletadas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, obtendo-se uma amostra composta formada por 3 subamostras em cada parcela. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para os Laboratórios de física do solo, solos e nutrição de plantas da Embrapa Mandioca e Fruticultura-BA.

Para as análises físicas e químicas foi utilizada terra fina seca ao ar (TFSA), de amostras de solo peneiradas com malha de 2 mm de diâmetro (Tabela 1 e 2).

##### **4.2.1 Análises química do solo**

A caracterização química do solo foi realizada por meio da determinação do pH em água, teores de  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , P e H+Al (Donagema et al., 2011). Os teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. A extração do Na, K e P foi realizada pelo método Mehlich<sup>1</sup>, sendo a leitura do Na e K por fotometria de chama e do P por colorimetria. O H+Al foi extraído em solução tamponada (pH 7,0) de acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria. Com essas análises foi possível calcular a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC).

Tabela 1 - Valores médios dos atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes da instalação dos experimentos, na Fazenda Santa Rosa, 2017.

Profundidade	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
(Cm)	H <sub>2</sub> O	— mg dm <sup>-3</sup> —	————— cmolc dm <sup>-3</sup> —————						%	
0 – 20	4,84	7,9	66,8	1,99	0,97	0,05	2,86	3,13	5,99	51,69
20 – 40	4,86	5,9	59,8	1,87	0,92	0,11	2,9	5,87	5,87	49,66

Tabela 2 - Valores médios da granulometria do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na Fazenda Santa Rosa, 2017.

Profundidade	Areia Total	Silte	Argila	Classificação textural do solo
(Cm)	—————	% —————		
0 - 20	53,88	9,4	36,72	Argilosa
20 - 40	49,78	11,14	39,08	Argilosa

#### 4.2.2 Carbono orgânico total

Para a determinação do carbono orgânico total (COT) as amostras de solo foram trituradas em almofariz quantificando-se o C por oxidação da matéria orgânica via úmida com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup> em meio sulfúrico. Foi empregada como fonte de energia o calor desprendido pelo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, juntamente com uma fonte externa de aquecimento. O excesso de dicromato, após a oxidação, foi titulado com solução de Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,5 mol L<sup>-1</sup> (YEOMANS & BREMNER, 1988).

#### 4.2.3 Carbono orgânico particulado

O fracionamento físico para obtenção do C orgânico particulado (COP) foi realizado segundo método adaptado de Cambardella & Elliot (1992). Aproximadamente, 10 g de solo e 30 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>) foram agitados durante 15 horas em agitador horizontal a 155 rpm. Posteriormente, a suspensão foi passada em peneira de 0,053 mm com auxílio de

jato de água. O material retido na peneira, que consiste no COP + fração areia, foi submetido a secagem em estufa a 50°C até peso constante. Posteriormente, o material foi quantificado em relação à sua massa, moído e determinado o teor de COP por oxidação via úmida, empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (YEOMANS & BREMNER, 1988).

#### 4.2.4 Oxidação do carbono por permanganato de potássio

O procedimento foi realizado segundo Blair et al. (1995), adaptado por Shang & Tiessen (1997), onde o carbono lábil (CL) é considerado como o C oxidável pela solução de  $\text{KMnO}_4$  0,033 mol  $\text{L}^{-1}$ . Para tanto, 1 grama de TFSA passado na peneira com malha de 0,5 mm foi colocado em tubos de centrífuga de 50 mL enrolados com papel alumínio para evitar a fotoxidação do permanganato. Foram adicionados 25 mL da solução de  $\text{KMnO}_4$  0,033 mol  $\text{L}^{-1}$ , agitados por 1 hora, e em seguida centrifugados por 5 minutos. Após centrifugação, 1 mL do sobrenadante foi pipetado em balões volumétricos de 250 mL, completando seu volume com água destilada. Após isso, foi feita a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm. Foi feita uma curva padrão para determinação do CL, a partir de uma solução contendo 0,00060 mol  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{KMnO}_4$ . Para cada ponto da curva foram pipetadas em 5 balões de 100 mL quantidades correspondentes à: 13,3; 16,67; 18,67; 20,0; e 22,0 mL completando o volume com água destilada. A mudança na concentração de  $\text{KMnO}_4$  foi usada para estimar a quantidade de carbono oxidado, assumindo que 1 mM  $\text{MnO}_4$  é consumido ( $\text{MnVII} + \text{MnII}$ ) na oxidação de 0,75 mmol ou 9 mg de carbono.

#### 4.2.5 Índice de Manejo de Carbono (IMC)

Com base nas mudanças no COT, entre um sistema referência e um sistema cultivado, foi feito o Índice de Compartimento de Carbono (ICC), calculado como:  $ICC = COT_{cobertura}/COT_{referência}$ . Com base nas mudanças na proporção de CL (i.e.  $L = CL/CNL$ ) no solo, um Índice de Labilidade (IL) foi determinado como:  $IL = L_{cobertura}/L_{referência}$ .

A partir dos resultados dos estoques de COT e de cada fração granulométrica, calculou-se o Índice de Manejo de Carbono (IMC), obtido pela seguinte expressão:  $IMC = ICC \times IL \times 100$  (Blair et al., 1995).

O índice de estratificação (IE), foi calculado dividindo-se os teores de COT da profundidade do solo 0-20 cm pela camada 20-40 cm, conforme proposto por Franzluebbers (2002).

### 4.3 Estatística

As avaliações das plantas de cobertura, das plantas invasoras e a dinâmica do carbono do solo foram submetidos à análise de variância e posterior comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com o auxílio do *software* Assistat.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição da comunidade das plantas invasoras na área levantada foi heterogênea e foram identificadas 10 espécies, distribuídas em 8 famílias botânicas (Tabela 3).

Tabela 3 - Ocorrência das espécies das plantas invasoras no levantamento na área do experimento, 2017.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome-comum</b>
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Apaga-fogo
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> L.	Trapoeraba
Cyperaceae	<i>Cyperus meyenianus</i> Kunth	Tiririca
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leiteira
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i> L.	Guanxuma
Poaceae	<i>Axonopus purpusii</i> Mez	Capim-da-colônia
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	Capim-azedo
Poaceae	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Capim-de-burro
Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i> Albul	Erva quente
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rach.) Vall	Gervão

Das espécies identificadas, a família com maior número de espécies na área foi a Poaceae com três espécies diferentes. Seguidas de uma espécie para as demais famílias. No estado do Amazonas foram realizados alguns levantamentos fitossociológicos das plantas invasoras em áreas agrícolas. Em uma pesquisa, Galvão et al (2001), em uma área de várzea, as famílias mais importantes em número de espécies nas áreas estudadas foram Poaceae e Cyperaceae. A plasticidade dessas famílias de plantas é constatada pois diversos estudos em diferentes sistemas de manejo, encontraram indivíduos pertencentes as mesmas (ERASMO *et al.*, 2004).

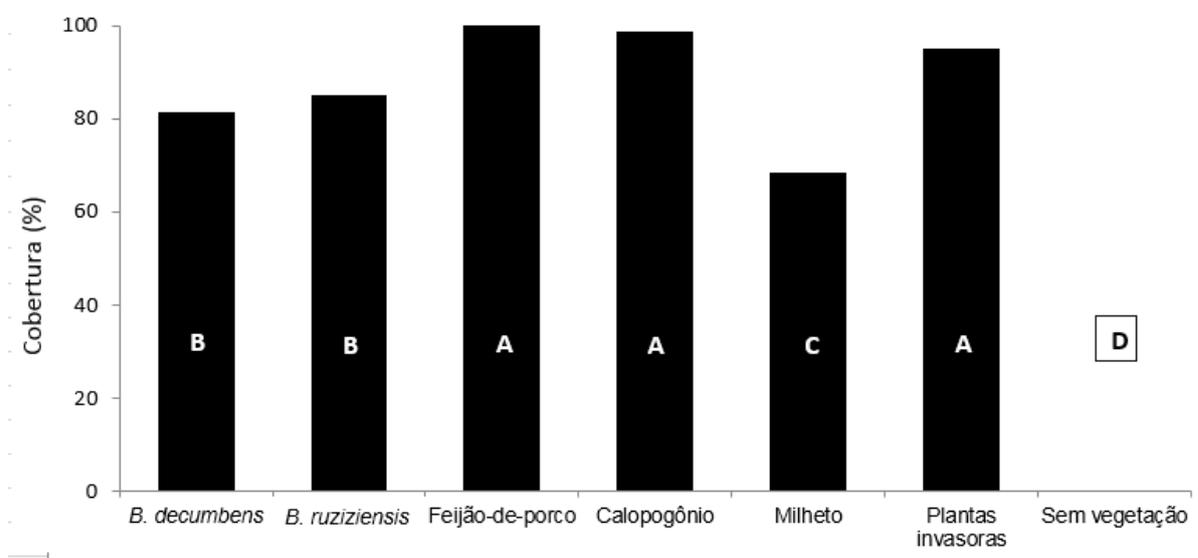
Para Oliveira e Freitas (2008) a família Poaceae é uma das principais famílias das plantas invasoras no Brasil, possui ciclo perene, produz elevada quantidade de sementes, incrementando o seu poder de disseminação em diferentes ambientes (MACIEL, 2010).

As Poaceae possuem cerca de 700 gêneros e 10.000 espécies, distribuídas em todas as regiões do planeta, preferencialmente em áreas abertas (GPWG *et al.*, 2001). Essas espécies se destacam como um dos grupos mais importante cobrindo, em média, 63% do estrato herbáceo (ROCHA E MIRANDA, 2012).

O gênero *Axonopus* inclui três seções e cerca de 110 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais (CLAYTON & RENVOIZE, 1986). No Brasil, o gênero está representado por cerca de 75 espécies, sendo que a maioria pertence à seção *Axonopus*.

Houve diferença significativa em relação a porcentagem de cobertura do solo (Figura 5), onde as plantas de cobertura feijão-de-porco, calopogônio e as plantas invasoras apresentaram resultados semelhantes, com 100%, 98,7% e 95%, respectivamente. Apresentando as melhores coberturas do solo com valores superior a 90%, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Figura 5 - Percentagem de cobertura do solo sob os diferentes tipos de plantas de cobertura. Fazenda Santa Rosa-AM, 2017



Após o estabelecimento das leguminosas no solo, podem favorecer os microrganismos do solo, bem como da associação simbiótica com fungos micorrízicos que aumentam a capacidade de absorção de nutrientes e em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* para fixação biológica do nitrogênio, o que resulta em melhores qualidades do solo (MIRANDA et al., 1999).

O desempenho das leguminosas, quanto as porcentagens de cobertura do solo, foram superiores quando comparadas com as brachiarias. Entretanto, ambas as espécies proporcionaram cobertura acima de 80 % da superfície do solo. Estas coberturas segundo Pereira et al (2013) promovem a proteção do solo contra a incidência da luz, conseqüentemente, mantem a temperatura estável do solo, reduzi o impacto das gotas de chuva, assim evita a erosão e além de diminuir as perdas de água.

Estudo realizado por Fabian et al. (2006), foi avaliada a produção de fitomassa, a taxa de decomposição e a percentagem de cobertura do solo de braquiária, crotalária, milho em sistema de semeadura direta, tendo como resultado, que o capim-braquiária apresentou maior produção de fitomassa. Crotalária e milho apresentaram comportamento similar na taxa de decomposição. Os resíduos vegetais das plantas analisadas proporcionaram cobertura de mais de 80% do solo até a semeadura das culturas de verão.

*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria ruziziensis* e milho foram inferiores as leguminosas em relação porcentagem de cobertura do solo. Esse fato, pode ter ocorrido devido a lenta germinação dessas espécies, facilitando assim o rápido crescimento e desenvolvimento das plantas das plantas invasoras.

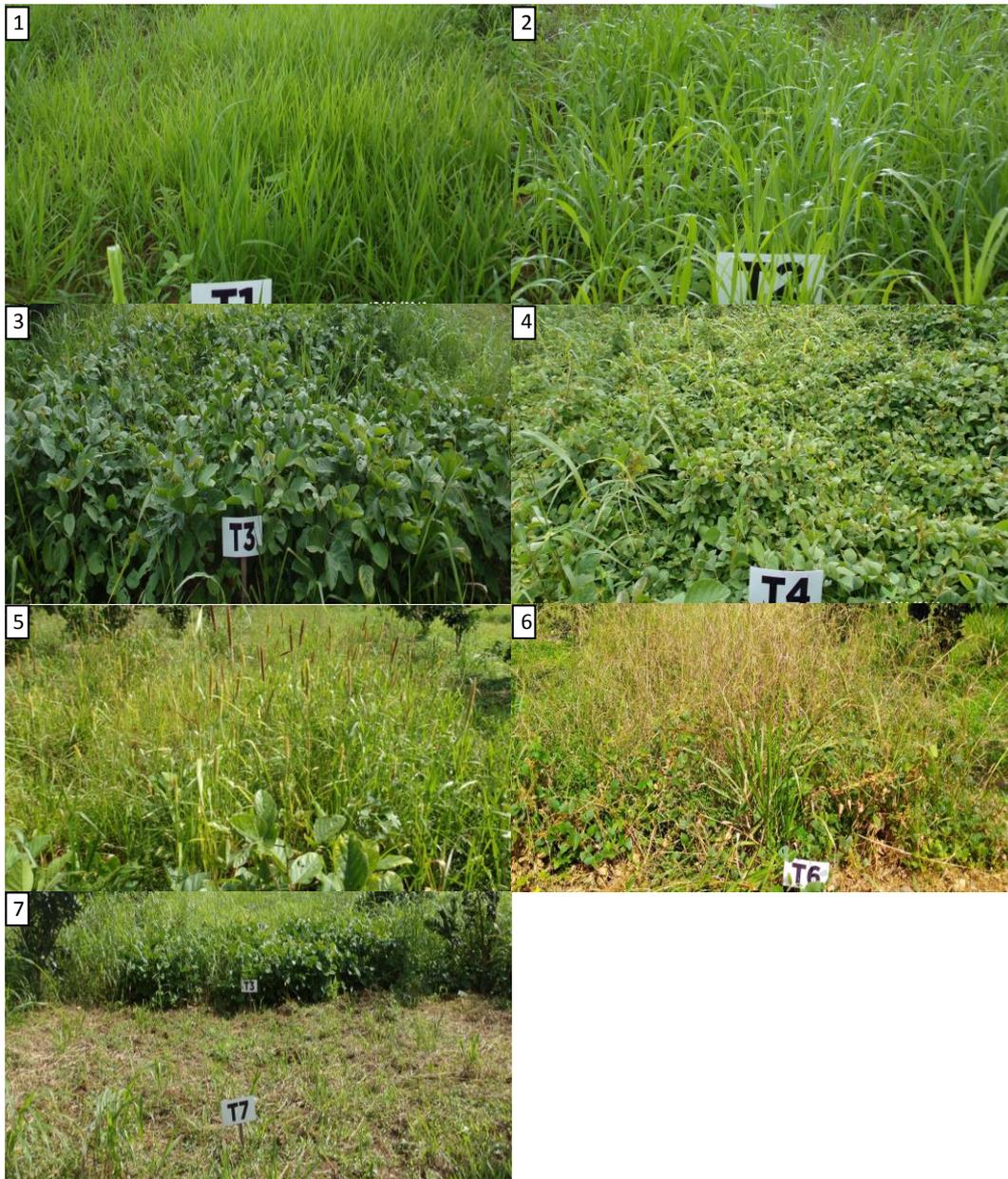
O milho foi a espécie que proporcionou menor cobertura do solo, apesar disso, essa espécie pode propiciar acúmulo de macronutrientes nos resíduos vegetais com consequente liberação para a cultura, além da produção de matéria seca (Teixeira et al., 2009).

O tratamento sem vegetação ficou com a superfície do solo descoberto, recebeu maior quantidade e intensidade de raios solares, possivelmente ocorreu variação na temperatura, o que pode estimular a emergência de grande número de espécies infestantes. Vidal e Trezzi (2004) observaram reduções de 41% de infestação e de 71% de matéria seca total das plantas invasoras, quando comparado as áreas sem cobertura vegetal.

A superfície do solo com a ausência ou presença de cobertura vegetal, desempenha uma importante função sobre a temperatura, sendo que essas plantas de cobertura são responsáveis pela troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres. (CARNEIRO et. al. 2013).

De acordo com Carneiro (2014) no que se refere a temperatura do solo, com e sem cobertura vegetal, observou que a umidade é de suma importância, pois a presença de água afeta a dinâmica de calor no solo, a presença de umidade modifica a temperatura da superfície por causa da evaporação. As condições climáticas, como luminosidade, precipitação e temperatura favorecem o surgimento das plantas invasoras (Figura 6).

Figura 6 - Plantas de cobertura do solo aos 2 meses após semeadura: 1- *B. decumbens*; 2- *B. ruziziensis*; 3- Feijão-de-porco; 4- Calopogônio; 5- Milheto; 6- Plantas invasoras e 7- Sem vegetação.



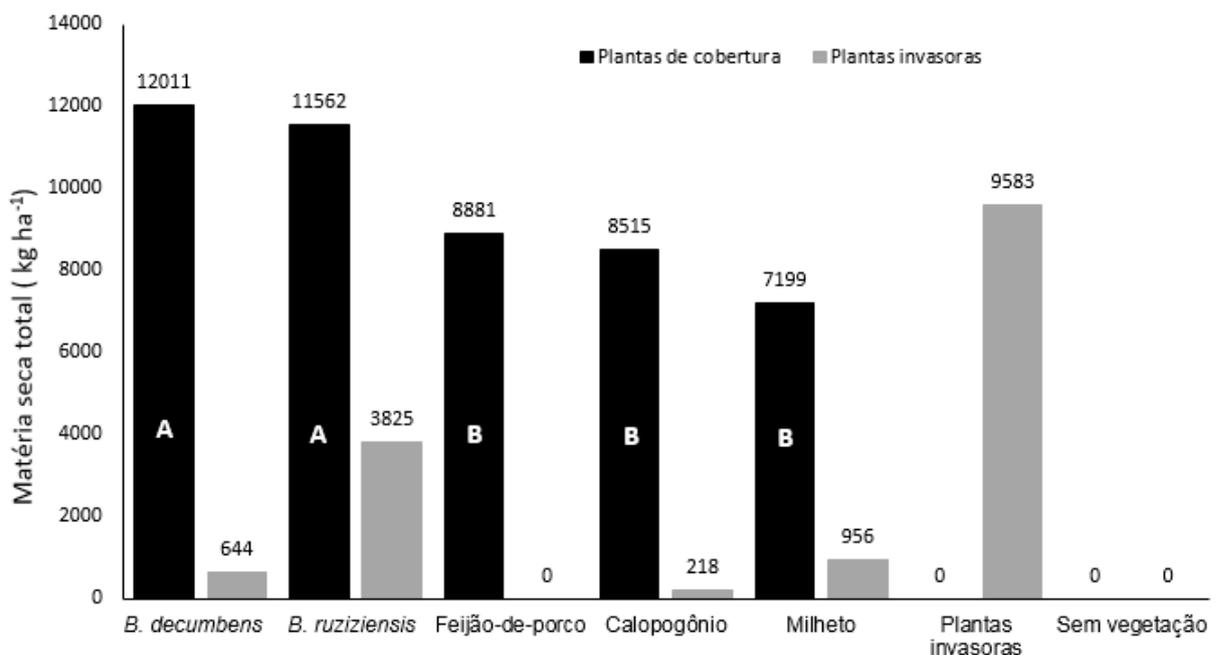
As plantas de cobertura *B. decumbens* e *B. ruziziensis* foram as que apresentaram maiores incrementos do peso da matéria seca total em relação aos outros tratamentos com  $12 \text{ t ha}^{-1}$  e  $11,6 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente (figura 7). Esses resultados foram semelhantes com o trabalho de Timossi (2007), que analisou a formação de palhada para a cobertura do solo em plantio direto, obteve produção

acima de 11 t ha<sup>-1</sup> de matéria vegetal seca, para a *B. decumbens* e *B. brizantha*. Estudos realizados por Damasceno (2013) em pomar de laranjeira 'Pera' em Rio Preto da Eva, obtiveram produção de matéria seca total de 6,4 t ha<sup>-1</sup> com a *B. decumbens*.

As espécies de braquiária se adaptam em solos de baixa fertilidade, com facilidade no estabelecimento e considerável produção de matéria orgânica e conseqüentemente, incorporação ao solo, proporcionando uma ótima cobertura vegetal do solo.

Além disso, estava junto com as coberturas *B. decumbens* e *B. ruziziensis*, as plantas invasoras com 0,6 t ha<sup>-1</sup> e 3,8 t ha<sup>-1</sup>. O fator responsável por essa infestação das plantas invasoras, possivelmente, foi devido ao ciclo de desenvolvimento inicial lento das braquiárias, especialmente da *B. ruziziensis* onde obteve-se o maior valor de matéria seca das plantas invasoras (figura 7).

Figura 7 – Acúmulo de matéria seca total (kg ha<sup>-1</sup>) pelas plantas de cobertura e das plantas invasoras.



Apesar disso, as *B. decumbens* e *B. ruziziensis* são ótimas alternativas para produção de matéria seca, pois, estabelecem na área e proporcionam excelente cobertura do solo ao longo do ciclo da cultura, conseqüentemente, impedem a proliferação das plantas invasoras (FERREIRA e LAMA 2015, COSTA et al. 2014).

A inclusão e o manejo adequado da *B. ruziziensis* como cobertura vegetal na citricultura amazonense, quando comparada ao manejo convencional adotado pelo produtor, reduziu o custo de produção em 15% e proporcionou a recuperação do solo (CARVALHO et al, 2014).

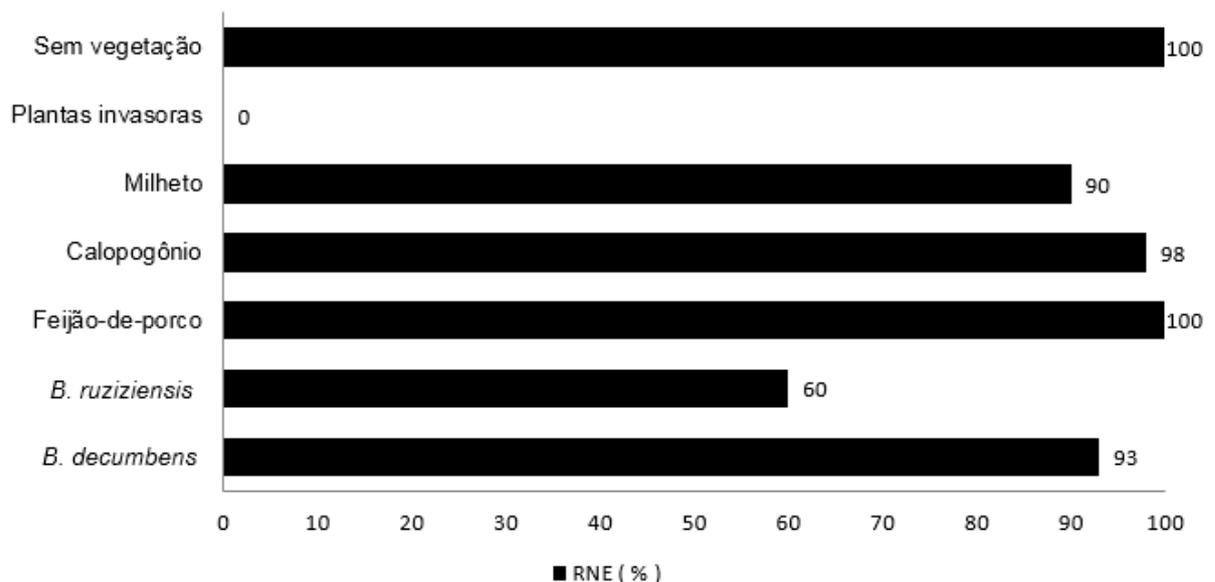
Os tratamentos com feijão-de-porco e calopogônio proporcionaram maior efeito supressivo sobre as plantas infestantes devido ao acúmulo de matéria seca e a rápida taxa de crescimento e desenvolvimento em relação aos demais tratamentos, com produção média de 8,7 t ha<sup>-1</sup>, enquanto o milho não diferiu estatisticamente dessas coberturas (Figura 7).

A utilização de leguminosa é uma alternativa viável para o controle e mudanças nas populações das vegetações nativas, devido aos efeitos alelopáticos e competição pelos elementos, como água, luz e oxigênio, ocasionando a supressão de algumas delas (MONQUEIRO et al. 2009), e também para a manutenção da fertilidade do solo (RAYOL & RAYOL, 2012).

Pois grandes quantidades de massa seca sobre o solo tendem a reduzir o estabelecimento de espécies infestantes em função da formação de barreira física, e assim, dificulta a emergência das plantas invasoras.

O tratamento com as plantas invasoras apresentou valor de RNE = 0,0. Este valor indica ausência das espécies de plantas de cobertura e presença das invasoras. O tratamento com *B. ruziziensis* (RNE = 60) indica que esta espécie suprimiu 60% das plantas das plantas invasoras (Figura 8). Em trabalho realizado por Braz et al. (2010) observaram que a cobertura com *B. ruziziensis*, ao longo do tempo, teve alta taxa de crescimento e foi indicada pelos autores como alternativa na produção de palhada, para a supressão das plantas invasoras.

Figura 8 – índice do efeito de adjacente (RNE), em %, das coberturas vegetais sobre as plantas invasoras.



Os tratamentos com feijão-de-porco e calopogônio suprimiram as plantas invasoras com índice de RNE= 100% e 98%, respectivamente, segundo Smith et al., (2015).

O uso de leguminosa no controle das plantas invasoras é uma prática antiga utilizada em consórcios de cultivos em rotação ou em faixas. Isto ocorre porque as

partes aéreas das leguminosas ao ficarem no solo proporcionam supressão das plantas invasoras, devido aos efeitos físicos e possível liberação de compostos alelopáticos (KARAM et al., 2010).

O adubo verde, como a planta de cobertura feijão-de-porco, é geralmente muito competitiva com as plantas invasoras e tem como objetivo principal a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (GOMES e LEAL, 2003).

O uso de leguminosas para formação de cobertura é eficiente na supressão de invasoras e na diminuição do número destas plantas e apresentou maior taxa de cobertura do solo.

A utilização de leguminosas como plantas de cobertura pode ser importante para o suprimento de N às culturas subsequentes, principalmente àquelas mais exigentes, como o milho, sobretudo em solos pobres em matéria orgânica podendo trazer economia de fertilizantes nitrogenados. A rápida decomposição dos resíduos das leguminosas resulta em baixa relação C:N de seus resíduos (CALONEGO et al., 2012). Também Silva et al. (2012) ressaltaram que, o controle cultural, principalmente os cultivos consorciados, mostra-se eficiente no manejo das plantas invasoras.

O uso de plantas de cobertura em sistemas orgânicos fornece material vegetal que contribui para expressivo aumento da matéria orgânica do solo (MOS) (BORGES et al. 2015). Todas as espécies utilizadas nesta pesquisa proporcionaram cobertura do solo, favorecendo a supressão parcial ou total das plantas invasoras da área, além, de contribuir para o aumento da matéria orgânica no solo.

Quanto a ciclagem de nutrientes no solo realizado pelas plantas de cobertura, houve efeito significativo para os valores de potássio (K), acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca de cátions (CTC) nas profundidades de 0-20 cm (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios dos atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na Fazenda Santa Rosa, 2017.

Cobertura	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
	H <sub>2</sub> O	— mg dm <sup>-3</sup> —	cmolc dm <sup>-3</sup>				%			
	<b>0 – 20 cm</b>									
<i>B. decumbens</i>	4,85	6,0	18,57 b	1,06	0,40	0,60	6,51 a	1,52	8,04 a	19,0
<i>B. ruziziensis</i>	5,10	4,0	24,43 ab	1,26	0,54	0,35	4,82 b	1,88	6,70 b	27,75
Feijão de porco	5,07	8,5	28,34 ab	1,36	0,54	0,47	5,71 ab	2,0	7,71 ab	26,0
Calopogônio	4,85	6,5	31,28 a	1,18	0,59	0,42	6,10 ab	1,86	7,97 a	23,0
Milheto	4,87	5,5	24,43 ab	0,92	0,49	0,52	5,59 ab	1,48	7,08 ab	20,25
Plantas invasoras	5,10	6,2	24,43 ab	1,23	0,58	0,32	5,50 ab	1,88	7,39 ab	26,0
Sem vegetação	5,07	7,2	24,43 ab	1,19	0,64	0,47	5,58 ab	1,91	7,49 ab	26,0
CV%	6,63	79,79	27,49	45,01	27,69	58,74	15,64	36,45	11,0	34,66
	<b>20 – 40 cm</b>									
<i>B. decumbens</i>	4,55	4,25 bc	11,73	0,49	0,23 b	0,87	5,36	0,76	6,12	12,25
<i>B. ruziziensis</i>	4,72	9,5 a	12,70	0,58	0,31 ab	0,65	5,11	0,93	6,05	15,25
Feijão de porco	4,77	9,5 a	13,68	0,85	0,35 ab	0,65	5,10	1,25	6,36	20,25
Calopogônio	4,62	3,0 c	14,66	0,74	0,42 a	0,72	5,05	1,20	6,26	18,75
Milheto	4,52	2,0 c	10,75	0,35	0,28 ab	0,92	5,24	0,67	5,92	11,25
Plantas invasoras	4,75	2,75 c	11,73	0,67	0,36 ab	0,60	4,38	1,06	5,45	19,75
Sem vegetação	4,72	2,25 c	13,68	0,59	0,38 ab	0,67	4,95	1,01	5,96	17,25
CV%	6,16	89,81	23,10	67,96	33,15	38,80	16,60	50,62	11,99	54,35

Os maiores teores de K foram no tratamento com a espécie Calopogônio, que é uma leguminosa. Este resultado possivelmente esteja relacionado a uma maior mineralização da matéria orgânica desta espécie, pois a sua mineralização tende ser mais rápida, quando comparada às espécies da família Poaceae, devido a relação carbono e nitrogênio C/N, (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SILVA et al., 2006).

Os resultados mostraram que houve decréscimo de K para todas as coberturas vegetais na profundidade 20-40 cm. Entretanto, resultados de Franchini et al. (2000) mostraram que, em algumas situações, pode haver maior uniformidade dos teores de K até maiores profundidades.

O K não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica na planta. Ele encontra-se predominantemente como cátion livre ou sorvido e pode ser facilmente deslocado das células ou dos tecidos das plantas (RAIJ, 2011). Dessa forma, sua liberação tende ser mais rápida para camada superficial do solo, quando comparada a outros nutrientes como o N e o P.

Houve diferença estatística tanto da H+Al, quanto da CTC do solo (Tabela 4), sendo que os tratamentos *B. decumbens* foi superior ao *B. ruziziensis*, e estatisticamente iguais aos demais nas duas variáveis. Os valores da H+Al e CTC está relacionado ao acréscimo da matéria orgânica devido ao aumento das cargas negativas no solo, dados semelhantes com o trabalho de Có Júnior (2011). Este resultado demonstra a importância da matéria orgânica para os solos da região amazônica, devido às condições climáticas, pois há uma maior intensidade de lixiviação dos nutrientes em razão da quantidade de água no solo, seja por fatores naturais (chuva) ou irrigação, o que causaria as perdas de nutrientes catiônicos para as camadas mais profundas. Por outro lado, houve efeito significativo dos teores de P e Mg na camada de 20-40 cm. Os teores de P nos tratamentos *B. ruziziensis* e feijão-de-porco foram estatisticamente iguais entre si, e superiores aos demais (Tabela 4).

Os teores de P é de quase 4 vezes a mais quando comparado ao tratamento sem vegetação. Isto demonstra a importância dessas plantas de cobertura para o fornecimento de P ao solo, uma vez que o tratamento sem vegetação, mesmo feito o controle de roçagem, não foi possível observar altos teores P (Tabela 4).

Algumas espécies como *B. ruzizensis* proporcionaram alta produção de biomassa aérea e com isso aumenta a disponibilidade de P e demais nutrientes no solo (VERONESE et al. 2012). A matéria orgânica oriunda dessa planta forneceu os nutrientes para ciclagem (COBUCCI et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2014).

Em relação aos teores de Mg, o tratamento com Calopogônio foi superior ao de *B. decumbens* e igual aos demais. Os maiores teores deste tratamento podem ser explicados devido ao aumento da matéria orgânica do solo e também a sua maior mineralização.

As variáveis carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado aos minerais (COAm) e o carbono lábil (C-lábil), nas profundidades 0-20 a 20-40 cm não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), (tabela 5).

Tabela 5 - Quadrado médio e valores de F, da análise de variância, para as variáveis C orgânico total (COT), C orgânico particulado (COP), C orgânico associado aos minerais (COAm) e C lábil (C-lábil) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017.

Variáveis	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
COT	0,486 (0,068) <sup>ns</sup>	1,428 (0,428) <sup>ns</sup>
COP	0,087 (0,271) <sup>ns</sup>	0,024 (0,324) <sup>ns</sup>
COAm	0,738 (0,146) <sup>ns</sup>	1,44 (0,574) <sup>ns</sup>
C-lábil	3165,189 (0,234) <sup>ns</sup>	2008,522 (0,216) <sup>ns</sup>

Valores entre parêntesis representam o teste F da anova para tratamentos.

As variáveis COT, COP, COAm e C-lábil apresentaram maiores valores na profundidade de 0-20 cm, que 20-40 cm (Tabela 6). Este resultado é influenciado

pela adição e decomposição de resíduos orgânicos na camada superficial, o que aumentou os teores da matéria orgânica, e conseqüentemente do carbono, em função da profundidade do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Lima et al. (2016).

Tabela 6 - Teores de C orgânico total (COT), C orgânico particulado (COP), C orgânico associado aos minerais (COAm) e C lábil (CL) do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017.

Tratamentos	COT	COP g kg <sup>-1</sup>	COAm	CL mg kg <sup>-1</sup>	COP/ COT	COAm/ COT %	CL/COT
<b>0-20 cm</b>							
<i>B. decumbens</i>	16,30	1,83	14,45	588,12	11,2	88,8	3,6
<i>B. ruzizensis</i>	15,44	2,17	13,30	594,80	14,1	85,9	3,9
Feijão-de-porco	16,0	2,17	13,80	618,13	13,6	86,4	3,9
Calopogônio	15,41	1,91	13,50	612,30	12,4	87,6	4,0
Milheto	15,40	2,23	13,20	609,80	14,5	85,5	4,0
Plantas invasoras	16,03	2,12	13,92	669,0	13,2	86,8	4,2
Sem vegetação	15,75	2,07	13,70	643,13	13,2	86,8	4,1
CV%	16,93	27,33	16,41	18,78			
<b>20-40 cm</b>							
<i>B. decumbens</i>	11,02	1,18	9,84	391,45	10,7	89,3	3,6
<i>B. ruzizensis</i>	10,81	1,32	9,50	407,30	12,2	87,8	3,8
Feijão de porco	11,40	1,12	10,30	433,11	9,9	90,1	3,8
Calopogônio	10,64	1,24	9,40	434,80	11,6	88,4	4,1
Milheto	9,73	1,17	8,60	393,11	12,0	88,0	4,0
Plantas invasoras	9,90	1,15	8,73	375,61	11,6	88,4	3,8
Sem vegetação	10,80	1,09	9,70	418,95	10,1	89,9	3,9
CV%	17,21	23,10	16,83	23,66			

Para os teores de COT foram observados maiores valores nas plantas de cobertura e nas plantas invasoras da profundidade de 0-20 cm, quando comparado com a profundidade 20-40 cm, variando de 15,4 a 16,3 g.kg<sup>-1</sup> e 9,73 a 11,4 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Também Riberio, (2016) encontrou valores próximos a estes. Essa redução dos teores de COT com o aumento da profundidade do solo evidencia a

contribuição efetiva da entrada do carbono na camada mais superficial. De acordo com Salton et al. (2005), as mudanças no manejo do solo têm efeito no balanço de carbono do mesmo, identificando assim a potencialidade e fragilidade de cada sistema de manejo.

Por outro, a cobertura feijão-de-porco foi a espécie que teve a menor redução nos teores médios de COT entre as profundidades com 28,7%, enquanto, as plantas invasoras apresentaram a maior redução de carbono nas profundidades, com 38,4%. Além disso, quando se avalia os teores de COT por espécie estudada, há uma tendência em acúmulo de carbono na camada de 0-20 cm, para a espécie *B. decumbens*. No entanto, na camada de 20-40 cm, o maior ganho de COT foi da espécie feijão-de-porco. Esta diferença pode ter sido pelo fato das plantas de *B. decumbens* apresentarem maiores concentrações de raízes na parte superficial do solo, em comparação com os outros tratamentos. Com isso, houve a contribuição da decomposição dos resíduos culturais depositados na superfície do solo para o sequestro de carbono nas coberturas vegetais.

Isso demonstra que, mesmo a espécie apresentando alto acúmulo ou absorção de carbono, a sua relação C/N irá interferir na mineralização mais rápida, o que não seria interessante para as condições do clima e solo da região Amazônica. O estoque de COT no solo é bastante variável em função das condições climática” (CARVALHO et al., 2010), tipo de solo (BAYER e IELNICZUK, 1999), manejo aplicado e tempo de implantação (CARVALHO et al., 2009).

Em relação ao índice de estratificação (IE) foram encontrados em todos os tratamentos valores acima de 1,0 (Tabela 7), o que contribuiu para o aumento da

matéria orgânica na superfície do solo, refletindo diretamente em uma melhor infiltração da água entre as camadas do solo e maior estabilidade de agregados das partículas do solo (SÁ & LAL, 2008; FRANZLUEBBERS, 2002).

Tabela 7 - Índice de estratificação (IE) do carbono orgânico em função das diferentes coberturas vegetais do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017.

<b>Tratamentos</b>	<b>COT</b>	<b>COP</b>	<b>C<sub>L</sub></b>
<i>B. decumbens</i>	1,48	1,55	1,50
<i>B. ruzizensis</i>	1,43	1,64	1,46
Feijão-de-porco	1,40	1,94	1,43
Calopogônio	1,45	1,54	1,41
Milheto	1,58	1,91	1,55
Plantas invasoras	1,62	1,84	1,78
Sem vegetação	1,46	1,90	1,54

<b>Tratamentos</b>	<b>COT</b>	<b>COP</b>	<b>C<sub>L</sub></b>
<i>B. decumbens</i>	1,48	1,55	1,50
<i>B. ruzizensis</i>	1,43	1,64	1,46
Feijão-de-porco	1,40	1,94	1,43
Calopogônio	1,45	1,54	1,41
Milheto	1,58	1,91	1,55
Plantas invasoras	1,62	1,84	1,78
Sem vegetação	1,46	1,90	1,54

Entre os tratamentos, não houve diferença nos valores de IE, devido as concentrações de carbono também não ter diferença significativa. De modo geral, quanto maior os valores de IE, maior será o acúmulo de matéria orgânica na camada superficial e conseqüentemente aumento da qualidade do solo, além, de ser um indicador da taxa de sequestro do carbono orgânico do solo (MORENO et al., 2006; BRYE et al., 2007).

Em relação ao COP e ao COAm, também foi constatado maiores teores na camada de 0-20 cm, enquanto que na profundidade de 20-40 cm houve redução dos mesmos. A fração COP variou de 1,83 a 2,23 g kg<sup>-1</sup> representando 11,2 % a 14,5 % do COT na profundidade 0-20 cm e de 1,09 a 1,32 g kg<sup>-1</sup> correspondente a 9,9 % a

12,2%. A fração COP tem alta labilidade e pode ser facilmente alterado com o manejo, pois está associada a areia, e o que está disponível para degradação do microrganismo, sendo mais sensível que o COT. A análise dessas frações possibilita, que modificações nos sistemas de manejo sejam percebidas a curto prazo e possam adotar práticas de manejo, que preserve as condições produtivas do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

No entanto, a cobertura Calopogônio foi a que obteve menor redução nos teores médios de COP entre as profundidades com 35,2%, e o feijão-de-porco apresentou a maior redução com 48,2%. Já nos teores de COAm a cobertura feijão-de-porco teve a menor perda e as plantas invasoras a maior redução com 25,7% e 37,2 %, respectivamente. De acordo com Landoni et al. (2016), as áreas de cultivo convencional tendem a ter menor teor de COP em comparação com áreas com culturas de cobertura, o que indica uma perda gradual de C e, que possivelmente, resulta em maior erosão do solo.

Quando se avaliou a relação carbono orgânico particulado (COP) e o carbono orgânico associado aos minerais (COAm), o maior teor foi encontrado no COAm, o que pode ser explicado em função da proteção coloidal que forma complexo organo-mineral, uma vez que a textura do solo no experimento apresentou textura argilosa, nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Foi observado entre as profundidades que as plantas invasoras tiveram 56,1 % de redução no teor do C lábil, enquanto o feijão-de-porco e calopogônio reduziram em média 29% deste teor, demonstrou assim que essas leguminosas estão acumulando mais carbono na subsuperfície do que as plantas invasoras (Tabela 6).

Esse efeito pode ser explicado em função do aumento na mineralização da matéria orgânica, considera-se que o carbono lábil é aquele carbono constituinte de compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007). Por outro lado, devido a sua maior labilidade, as alterações dos estoques de COP são percebidas normalmente em curto prazo, sendo uma fração sensível às práticas de manejo, o que explica uma maior concentração do COAm.

De maneira geral os valores da labilidade (L) na profundidade 0-20 cm variaram de 0,13 a 0,17, e de 0,11 a 0,14 na profundidade 20-40 cm, demonstraram semelhanças na labilidade do carbono entre as profundidades (Tabela 8).

Tabela 8 - Índice de manejo de carbono (IMC) em função das coberturas vegetais nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na propriedade Fazenda Santa Rosa, 2017.

<b>Plantas de Cobertura</b>	<b>L</b>	<b>ILC</b>	<b>ICC</b>	<b>IMC (%)</b>
<b>0-20 cm</b>				
<i>B. decumbens</i>	0,13	0,83	1,03	86,3
<i>B. ruziensis</i>	0,16	1,08	0,98	105,8
Feijão-de-porco	0,16	1,04	1,01	105,2
Calopogônio	0,14	0,93	0,98	91,4
Milheto	0,17	1,11	0,98	109,1
Plantas invasoras	0,15	1,00	1,02	102,1
Sem vegetação	0,15			
<b>20-40 cm</b>				
<i>B. decumbens</i>	0,12	1,07	1,02	109,5
<i>B. ruziensis</i>	0,14	1,24	1,00	124,4
Feijão-de-porco	0,11	0,98	1,06	103,4
Calopogônio	0,13	1,18	0,99	116,2
Milheto	0,14	1,22	0,90	110,0
Plantas invasoras	0,13	1,17	0,92	107,4
Sem vegetação	0,11			

\* Labilidade (L), Índice de labilidade do carbono (ILC), Índice de compartimento de carbono (ICC) e Índice de manejo do Carbono (IMC)

A L representa a relação entre o COP e o COAm, considerado um indicador da qualidade do solo (BENBI et al., 2015), pois enfatiza o equilíbrio entre as frações lábeis e recalcitrantes da MOS (BLAIR et al., 1995), sendo este equilíbrio importante para a manutenção da qualidade dos sistemas produtivos (MAJUMDER; KUZUYAKOV, 2010). O leve decréscimo da labilidade em profundidade pode estar associado ao fato do maior aporte de orgânico de material fresco ocorrer em superfície.

Em relação ao índice de labilidade do C (ILC), os valores variaram de 0,83 à 1,11 na camada de 0-20 cm, destacando os menores valores encontrados para os tratamentos *B. decumbens* e calopogônio, quando comparadas as demais coberturas com valores acima de 1,0 (Tabela 8). Em praticamente todos os tratamentos de cobertura do solo o ILC foi superior à 1,0, valor atribuído ao tratamento de referência (sem vegetação), indica que manter o solo coberto implica em maior qualidade da MOS.

O índice de compartimento de carbono (ICC) reflete a relação entre os estoques de C dos sistemas avaliados e o sistema de referência. Na profundidade 0-20 cm os valores de ICC não variaram substancialmente e foram semelhantes ao sistema de referência (Tabela 8). Esse resultado dos tratamentos de cobertura *B. decumbens*, feijão-de-porco e controle obtiveram valores acima 1,0 e nas profundidades 20-40 cm foram as coberturas *B. decumbens*, *B. ruzizensis* e feijão de porco.

Com relação ao índice de manejo de carbono (IMC), o menor índice na profundidade de 0-20 cm foi verificado para a *B. decumbens* com valor de 86%.

Valores de IMC inferiores a 100 são indicativos negativos das práticas de manejo sobre a matéria orgânica e a qualidade do solo (BLAIR et al., 1995; DE BONA, 2005). Entretanto, o maior índice foi do milho com o valor de 109%, tendo um acréscimo de 26,7% quando comparadas.

Na Profundidade de 20-40 cm, a cobertura *B. ruziziensis* e calopogônio proporcionaram os maiores valores de IMC. Em relação com as plantas invasoras, as coberturas *B. ruziziensis* e calopogônio possibilitaram incremento do IMC de 15,9% e 8,4%, respectivamente (Tabela 8). Conceição et al. (2014) consideram o IMC como uma ferramenta eficiente para avaliar a qualidade do solo em função dos sistemas agrícolas. Verificou-se, que as coberturas, com exceção da *B. decumbens* e Calopogônio na profundidade 0-20 cm, proporcionaram efeito positivo sobre o IMC, em particular para a profundidade de 20-40 cm, uma vez que, nesta profundidade os valores de IMC foram superiores a 100, o que indicam que estas coberturas vegetais são eficientes em manter ou até mesmo elevar os estoques de matéria orgânica (BLAIR et al., 1995; DE BONA, 2005).

Dessa forma, este trabalho demonstrou que manter solo coberto é uma opção viável para manter a qualidade do solo em detrimento de realizar a limpeza total do solo na área produtiva. De modo geral, a manutenção de solo descoberto é uma prática muito comum na região citrícola amazonense.

Estudos com o sistema de plantio direto apresentaram IMC semelhante ou estatisticamente superior a área de referência em camadas subsuperficiais, isso evidencia a capacidade de melhorar e promover a sustentabilidade do agroecossistema em regiões tropicais, pela manutenção de carbono no sistema (SILVA et al., 2011). Este acréscimo é dado pelo aporte de resíduos vegetais e

mínimo revolvimento do solo, que o torna capaz de elevar a qualidade do solo ao longo do tempo (ZANATTA, 2006).

## 6 CONCLUSÃO

As plantas feijão-de-porco e calopogônio foram as mais eficientes na cobertura do solo e na supressão das plantas invasoras.

*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis* foram as plantas que mais tiveram acúmulo de matéria seca total.

As coberturas vegetais não aumentam os teores de C orgânico do solo. As frações de C não indicaram as mudanças nos teores de MO em função do cultivo da cobertura vegetal.

A maioria das plantas de cobertura do solo obtiveram ILC superior à 1,0, indicando que manter o solo coberto implica em maior qualidade da matéria orgânica do solo.

Os valores de IMC na profundidade de 20-40 cm foram superiores a 100, sugerindo que estas coberturas são eficientes em manter ou até mesmo elevar os estoques de matéria orgânica do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTRA, F. A. D. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000. ISSN 1678-3921.

ALVARENGA, R.C. *Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos*. 1993. 112 f. **Tese** (Doutorado em Solos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1993.

ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; CAMARGO, F. A. O. Manejo de Sistemas Agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. 1. ed. Porto Alegre: **Genesis**, 216 p., 2006.

AZEVEDO, F. A. D. et al. Manejo da cobertura do solo na citricultura brasileira. 2015.

BAIRD, C. **Química ambiental**. Bookman. Porto Alegre: 2002.

BENBI, D. K. et al. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. **Geoderma**, v. 237, p. 149-158, 2015. ISSN 0016-7061.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian journal of agricultural research**, v. 46, n. 7, p. 1459-1466, 1995. ISSN 1444-9838.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira (1977). Brasília. Vol. 42, n. 9 (set. 2007), p. 1269-1276**, 2007. ISSN 0100-204X.

BONA, F. D. D. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. 2005.

BORGES, A. L.; RODRIGUES, G. A.; FILHO, E. C. do N. Alterações químicas de um Latossolo de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia sob diferentes usos. In: XXXV **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2015, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Emparn, 2015.

BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. Produtividade de palhada de plantas de cobertura. In: BUFARAH, G.; ALCÂNTARA, B. Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas. **Nobel, São Paulo**, p. 16, 1999.

BRYE, K. R. et al. Residue management practice effects on soil surface properties in a young wheat-soybean double-crop system. **Journal of sustainable agriculture**, v. 29, n. 2, p. 121-150, 2007.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 1-56.

CALONEGO, J. C. et al. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, 2012. ISSN 1981-3163.

CALONEGO, J. C.; SIMONETI FOLONI, J. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, 2005. ISSN 0100-0683.

CAMBARDELLA, C.; ELLIOTT, E. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992. ISSN 0361-5995.

CAMPOS, L. F. C. et al. Plantas de cobertura do solo em área de videira rústica cultivada no cerrado goiano. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 2, p. 184-191, 2015. ISSN 2177-8760.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, 2008. ISSN 0006-8705.

CARNEIRO, R.G.; MOURA, M.A.L.; SILVA, V.P.R.; SILVA JÚNIOR, R.S.; ANDRADE, A.M.D.; SANTOS, A.B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente da Mata Atlântica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.1, p. 99-108, 2014.

CARPIM, L. K. et al. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008. ISSN 0100-0683.

CARVALHO, J. E. B. D. Manejo e controle de plantas infestantes em fruteiras tropicais. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Resumo em anais de congresso (ALICE), 2013, Brasília, DF: Embrapa: SBCPD, 2013.

CARVALHO, J. E. B. et al. **Manejo de coberturas vegetais para controle de plantas daninhas e proteção do solo na citricultura do Amazonas.** Embrapa Mandioca e Fruticultura-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2014

CARVALHO, J.; DIAS, R.; MELO FILHO, J. Produção integrada de citrosx convencional–impacto sobre a qualidade do solo. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2006.

CAVALCANTE, V. S. et al. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 5, 2012. ISSN 1415-4366.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Agricultura e aquecimento global. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.

CLAYTON, W. D.; RENVOIZE, S. A. Genera graminum. Grasses of the world. **Genera graminum. Grasses of the World.**, v. 13, 1986.

COBUCCI, T.; WRUCK, F. J.; KLUTHCOUSKI, J.; CAVALCANTE, L. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; CARNEVALLI, R. A.; TEIXEIRA, S. R.; POLINÁRIA, A.; TEIXEIRA, M. Opções de integração lavoura pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v.28, p.64-79, 2007.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, 2014. ISSN 0103-8478.

COSTA, N.V.; DE ANDRADE, D.C.; DOURADO, R.F.; PAVAN, G. C.; DA COSTA, A.C.P.R. Dessecação da *Brachiaria ruziensis* com paraquat antes da semeadura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 13(3), 235-244, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 161-168, 2005. ISSN 0100-204X.

CRUSCIOL, C. A.; SORATTO, R. P. Nitrogen Supply for Cover Crops and Effects on Peanut Grown in Succession under a No-Till System All rights reserved. No part of this periodical may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 1, p. 41-46, 2009. ISSN 1435-0645.

DAMASCENO, L. A. **Crescimento e períodos de decomposição de plantas de cobertura e seus efeitos sobre a supressão de plantas infestantes no Amazonas**. Brasil. 2013. (Dissertação)

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. rev.

Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

ERASMO, E.; PINHEIRO, L.; COSTA, N. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta daninha**, p. 195-201, 2004. ISSN 0100-8358.

FABIAN, A.; CORÁ, A.; TORRES, J. Plantas de cobertura: produção de fitomassa, decomposição e porcentagem de cobertura do solo. **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA**, v. 16, 2006.

FERREIRA, A.C.D.B.; Lamas, F.M. Espécies vegetais para cobertura do solo: influência sobre plantas daninhas e a produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto. **Ceres**, 57(6), 2015.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M. & GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:459-467, 2000.

FRANZLUEBBERS, A. J. Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the southeastern United States. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n. 2, p. 347-357, 2010. ISSN 1435-0661.

GALVÃO, A.K.L.; SILVA, J.F.; ALBERTINO, S.M.F.; MONTEIRO, G.F.P.; CAVALCANTE, D.P. Levantamento fitossociológico em pastagens de várzea no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.69- 75, 2011.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003. ISSN 1678-3921.

GOMES, J. C.; LEAL, E. C.. Cultivo da Mandioca para a Região dos Tabuleiros Costeiros. **Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de Produção**, v. 11, 2003.

GPWG et al. (Grass Phylogeny Working Group) Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 373-457, 2001. ISSN 0026-6493.

IPCC. Intergovernmental Panel In Climate Change. Cambio del uso de la tierra y silvicultura In. **Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, version revisada en 1996: Libro de Trabajo.**, v. 2, 1996. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdffiles/spnch5-1.pdf> >.

JACKSON, L. et al. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. **Geoderma**, v. 114, n. 3-4, p. 305-317, 2003. ISSN 0016-7061.

KARAM, D.; et al. Cultivo do Milho. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2010.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p. 1623-162, 2004.

LAL, R. Soil health and carbon management. **Food and Energy Security**, v. 5, p. 212–222, 2016.

LEPSCH, I. Formação e conservação dos solos. São Paulo. **Oficina de Textos, 177p**, 2002.

MACIEL, C. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em calçadas do município de Paraguaçu Paulista-SP. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 53-60, 2010.

MAJUMDER, B.; KUZUYAKOV, Y. Effect of fertilization on decomposition of <sup>14</sup>C labelled plant residues and their incorporation into soil aggregates. **Soil and Tillage Research**, v. 109, n. 2, p. 94-102, 2010. ISSN 0167-1987.

MARTINELLI, R. et al. **Braquiárias, roçadeiras e herbicida no manejo de plantas daninhas em citros.** Anais VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. Campinas, SP: 1 CD-ROM. Nº13133. 2013. 2013.

MIRANDA, C. H. B.; FERNANDES, C. D.; CADISH, G. Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. **Paturas Tropicales**, Cali, v. 21, n. 1, p. 64-69, 1999.

MONQUEIRO, P. A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. Ed. Atual. E ampl. Lavras: Editora UFLA. p. 729: il. 2006.

MORENO, F. et al. Long-term impact of conservation tillage on stratification ratio of soil organic carbon and loss of total and active CaCO<sub>3</sub>. **Soil and Tillage Research**, v. 85, n. 1-2, p. 86-93, 2006.

NICOLOSO, R. D. S. et al. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, 2008. ISSN 0100-0683.

OLIVEIRA, A.; FREITAS, S. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

OLIVEIRA, M. W. D. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999. ISSN 1678-3921.

PACHECO, F. V. et al. Initial growing of *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth.(Fabaceae) and *Chorisia speciosa* A. St.-Hil (Malvaceae) at different levels of shade. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 945-953, 2013. ISSN 0100-6762.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011. ISSN 1678-3921.

PACHECO, L. P. et al. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, 2011. ISSN 0100-0683.

PEREIRA, D.; MATOS, G.; MATOS, A. Influência da cobertura morta no controle da temperatura e na manutenção da umidade do solo no cultivo de feijão fradinho (*Vigna unguiculata* L.). **SEMINÁRIO BAIANO DE SOLOS**, v. 2, p. 1-2, 2013.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004. ISSN 1678-3921.

PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; ERNERTO, C.; SCHAEFER, G. R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2091-2100, 2008.

PRIMO, D.C.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, T.O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, p. 1-13, 2011.

RAYOL, B.P.; ALVINO-RAYOL, F.D.O. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas invasoras em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 7(1), 104-110, 2012.

RENNER, R. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 2004. 166 Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROCHA, A. E.; MIRANDA, I. S. Cobertura vegetal, biomassa aérea e teor de proteína do estrato herbáceo de ambiente savânico no município de Maracanã, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 4, p. 513, 2012. ISSN 1980-4849.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. D. A. Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica. **Embrapa Agropecuária Oeste-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 2002.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. Potassium leaching from millet straw as affected by rainfall and potassium rates. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 7-8, p. 1063-1074, 2005. ISSN 0010-3624.

ROSSI, C. Q. et al. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, 2012. ISSN 0045-6888.

SÁ J.C.M, LAL R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**. Res. v.103, p.46–56, 2009.

SÁ, J. et al. Gestão da matéria orgânica e da fertilidade do solo visando sistemas sustentáveis de produção. **Boas práticas para uso eficiente de**

**fertilizantes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute**, p. 5-46, 2010.

SALTON et al. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

SAMINEZ, T. C. D. O. et al. **Adubação verde: aprenda como se faz**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: 8 p. 2007.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA G.; SANGOI L.; STRIEDER M. L. SILVA A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1011-1020, 2006.

SILVA, A. A. D. et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência rural, Santa Maria. Vol. 37, n. 4 (jul./ago. 2007), p. 928-935**, 2007. ISSN 0103-8478.

SILVA, I. R.; e MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.275-374.

SILVA, E. F. D. et al. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2012. ISSN 1678-3921.

SILVA, J. A. N.; et al. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.769-775, 2012.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. (Ed). **Plantas de cobertura dos solos do cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 12-33.

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

SMITH, R. G. et al. Cover-crop species as distinct biotic filters in weed community assembly. **Weed science**, v. 63, n. 1, p. 282-295, 2015. ISSN 0043-1745.

SORATTO, R.; ROSOLEM, C.; CRUSCIOL, C. Integração lavoura-pecuária-floresta: alguns exemplos no Brasil Central. **Botucatu: FEPAF**, 2011.

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 milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1462-1470, 2012.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v. 65, n. 1, 2006. ISSN 0006-8705.

TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, 2010. ISSN 0100-0683.

TEIXEIRA, R.A.; SOARES, T.G.; FERNANDES, A.R.; BRAZ, A. M. D. S. Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. **Acta Amazonica**, 44(4), 411-418, 2014.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 4, 2007. ISSN 0006-8705.

TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, 2006. ISSN 1679-9275.

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005. ISSN 0100-0683.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II- Efeitos da cobertura morta. **Planta daninha. Londrina, PR. Vol. 22, n. 1 (2004), p. 1-10**, 2004. ISSN 0100-8358.

VERONESE, M.; FRANCISCO, E.A.B.; ZANCANARO, L.; ROSOLEM, C.A. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47: 1158-1165, 2012.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: 2002.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 217-233, 2004.

VIEIRA, F. et al. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 96, n. 1-2, p. 195-204, 2007. ISSN 0167-1987.

WEIGELT, A.; JOLLIFFE, P. Indices of plant competition. **Journal of ecology**, v. 91, n. 5, p. 707-720, 2003. ISSN 1365-2745.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988. ISSN 0010-3624.

YU, C. M. **Seqüestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. Annablume, 2004. ISBN 8574194697.

ZANATTA, J. A. Estoque e labilidade do carbono em frações da matéria orgânica de um argissolo afetados por sistemas de manejo de solo. 2006.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015. ISSN 1678-3921.