

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE  
ECOSSISTEMAS**

**EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A DINÂMICA DE  
NUTRIENTES E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO CULTIVO  
DA LARANJEIRA**

**FRANCISCO ÉDER RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**CRUZ DAS ALMAS - BA**

**ABRIL – 2014**

**EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A DINÂMICA DE  
NUTRIENTES E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO CULTIVO  
DA LARANJEIRA**

**FRANCISCO ÉDER RODRIGUES DE OLIVEIRA**

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem  
Instituto Federal de Ciências e Tecnologia  
Iguatu-CE, 2009

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

**ORIENTADOR: DR. FRANCISCO ALISSON DA SILVA XAVIER**  
**COORIENTADOR: DR. JOSÉ EDUARDO BORGES DE CARVALHO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA MESTRADO  
EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

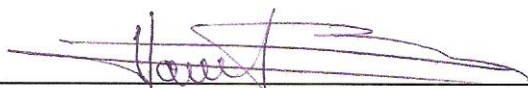
O48e	<p>Oliveira, Francisco Éder Rodrigues de. Efeito de coberturas vegetais sobre a dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica do solo no cultivo da laranja / Francisco Éder Rodrigues de Oliveira. _ Cruz das Almas, BA, 2014. 63f.; il.</p> <p>Orientador: Francisco Alisson da Silva Xavier. Coorientador: José Eduardo Borges de Carvalho.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Solos – Manejo. 2.Solos – Adubação orgânica. 3.Laranja – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 631.422</p>
------	---

FRANCISCO ÉDER RODRIGUES DE OLIVEIRA

**EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A DINÂMICA DE NUTRIENTES E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO CULTIVO DA LARANJEIRA**

Aprovada em: 24 / 04 / 2014

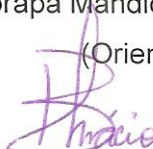
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



Prof. Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier

Embrapa Mandioca e Fruticultura

(Orientador)

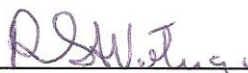


Prof. Dra. Euzelina dos Santos

Borges Inácio

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

(Colaboradora)



Profa. Dra. Rafaela Simão Abrahão

Nóbrega

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

(Colaboradora)

Dissertação homologada pelo colegiado de curso de Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas ....., conferindo o grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em.....

Ao meu pai celestial Deus por ter me permitido chegar até aqui;

Aos meus pais Valdetário (*“in memória”*) e Lúcia, por terem me dado à vida;

Às minhas irmãs Edna e Edivânia, pelo carinho e tolerância;

Aos meus familiares por ajudarem com o apoio;

Aos meus amigos pelo grande incentivo que me deram.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia;

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e Embrapa Mandioca e Fruticultura pela minha aprendizagem;

Ao Sr. Roberto Shibata, por ter cedido à área do experimento;

Ao meu pai (“in *memória*”) e minha mãe, em especial, pelos quais tenho o mais absoluto orgulho, admiração e respeito;

À meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier, pela sua colaboração, seu empenho em minha caminhada e pela sua paciência na minha orientação;

A todos os colegas de universidade em especial minha turma de mestrado, pela amizade e companheirismo;

À Tamara Eloy pela ajuda a mim ofertada junto ao curso de mestrado;

Aos professores do curso, em especial ao Prof<sup>o</sup>. Luciano Sousa, Prof<sup>o</sup>. Jorge Gonzaga e Oldair Vinha, pelos conhecimentos passados;

Aos servidores efetivos Roque e Roque Francisco, terceirizados, estagiários da universidade e Embrapa pela atenção, respeito e educação que foram atribuídos a mim;

Aos meus amigos por todo o apoio, paciência, dedicação, momentos inesquecíveis e por suas amizades;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelas concessões de bolsas;

A todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“O que adianta mudarmos a maneira de se plantar, e adotarmos novos manejos de solos, se inicialmente não modificarmos o sistema de cultivo da terra mais fértil do planeta, a mente humana.”

“FERO”

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS.....	3
CAPÍTULO 1	
PRODUÇÃO DE FITOMASSA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE COBERTURAS EM POMAR DE LARANJEIRA .....	6
RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	6
INTRODUÇÃO .....	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
CONCLUSÕES .....	18
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 2	
EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA SOBRE A DINÂMICA DO C ORGÂNICO DO SOLO EM POMAR DE LARANJEIRA.....	14
RESUMO.....	23
ABSTRACT .....	23
INTRODUÇÃO .....	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
Teores e estoques totais de C e N do solo .....	30
Estoques de Carbono orgânico e Nitrogênio no solo .....	32
Compartimentos da matéria orgânica no solo.....	34
Matéria Orgânica Leve do solo .....	34
Frações de C orgânico oxidáveis.....	36
Matéria orgânica Particulada .....	38
Substâncias húmicas do solo .....	40
CONCLUSÕES .....	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
REFERÊNCIAS.....	47



## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 01

Produção de matéria seca (t ha<sup>-1</sup>) de diferentes plantas de cobertura em um pomar de laranjeira “Pera”, Rio Real- BA. BRAQ: braquiária FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; MILH: milho; VE; vegetação espontânea..... 11

Figura 2 - Biomassa seca remanescente de diferentes tipos de coberturas vegetais em pomar de Laranja “Pera”, Rio Real-BA. BRAQ: braquiária FP: feijão de-porco; MILH: milho; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; VE: vegetação espontânea..... 15

### ARTIGO 02

Figura 1 - Teores totais de carbono orgânico do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA ... 30

Figura 2 - Teores de Nitrogênio Total do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA.. ..... 31

Figura 3 - Matéria orgânica leve do solo na camada de 0-10 cm em função do cultivo de diferentes coberturas vegetais. .... 35

## LISTA DE TABELA

### ARTIGO 01

Tabela 1 - Caracterização química do material vegetal de diferentes espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranja 'pera' em experimento instalado na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, BA. .... 13

Tabela 2 - Constante de decomposição, tempo de meia-vida ( $T_{1/2}$ ) da massa seca remanescente espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranja 'pera' em experimento instalado na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, BA. .... 17

Tabela 3 - Constante de decomposição e tempo de meia-vida ( $T_{1/2}$ ) dos macronutrientes contidos na matéria seca remanescente das espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranja 'pera' em experimento instalado na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, BA. .... 18

### ARTIGO 02

Tabela 1 - Características físicas e químicas do Latossolo Amarelo álico coeso cultivado com laranjeira 'Pera', Rio Real-BA ..... 27

Tabela 2 - Estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA..... 33

Tabela 3 – Teores de carbono orgânico em frações de diferentes graus de labilidade nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em pomar de laranjeira 'Pera', Rio Real-BA. .... 37

Tabela 4 - Carbono e nitrogênio particulado do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA ..... 39

Tabela 5 - Teores de carbono e nitrogênio nas frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HUM) extraídas das camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA..... 40

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANOVA- Análise de variância  
BRAQ- Braquiária  
C- Carbono  
C/N- Carbono/ Nitrogênio  
Ca- Cálcio  
Ca(OAc)<sub>2</sub>- Carbonato de Cálcio  
Ca/Mg- Cálcio/ Magnésio  
Ca+Mg- Cálcio+Magnésio  
CL- Carbono lábil  
CNL- Carbono não-lábil  
CO<sub>2</sub>- Dióxido de Carbono  
C-MOP- Carbono orgânico particulado  
COT- Orgânico total do solo  
CTC - Troca de cátions do solo  
CTC- Cátions  
CTCe- Capacidade de troca efetiva  
DAE- Dias após a emergência  
DAS- Dias após a semeadura  
Ds- Densidade do solo  
FAF- Ácidos fúlvicos  
FAH- Ácidos húmicos  
FL-livre- Leve livre  
FP- Feijão-de-porco  
FP/M- Combinação 50% feijão-de-porco + milho  
H+Al- Acidez potencial  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- Ácido Sulfúrico  
HUM- Humina  
NaI- Iodeto de Sódio  
NaOH - Hidróxido de Sódio  
k- Constante de decomposição  
K- Potássio  
K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>- Dicromato de Potássio  
KCl- Cloreto de Potássio

M.O - Matéria orgânica  
Mg- Magnésio  
MILH- Milheto  
MOL- Orgânica leve  
MOP- Matéria orgânica particulada  
MOS- Matéria orgânica do solo  
MS- Matéria seca  
N- Nitrogênio  
NaI- Iodeto de Sódio  
NaOH- Hidróxido de Sódio  
NT- Nitrogênio total  
OCO- Carbono orgânico oxidável  
P- Fósforo  
pH- Potencial de hidrogênio  
PIF- Produção Integrada de Frutas  
S- Enxofre  
SPD- sistema de plantio direto  
T $\frac{1}{2}$ - Tempo de meia-vida  
VE-Vegetação espontânea

# EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A DINÂMICA DE NUTRIENTES E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO CULTIVO DA LARANJEIRA

Autor: Francisco Éder Rodrigues de Oliveira

Orientador: Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier

**RESUMO GERAL:** A substituição de práticas intensivas do manejo agrícola do solo por outras de menor impacto ambiental é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade do ecossistema agrícola. O uso sustentável dos solos agrícolas depende da manutenção do manejo adotado e/ou aumento gradativo dos teores de matéria orgânica nos sistemas agrícolas, auxiliando na elevação da fertilidade pela acumulação de nutrientes aportados no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de plantas de coberturas do solo na reciclagem de nutrientes e analisar influência deste manejo na dinâmica e armazenamento do carbono no solo. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Lagoa do Coco, situada no município de Rio Real-BA, em pomar de laranja 'Pera' (*Citrus sinensis*) com oito anos de idade em espaçamento 6 m x 4 m. A área utilizada foi de 2.760 m<sup>2</sup> com 48 plantas por parcela. Os tratamentos avaliados foram: FP - Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.), MILH - Milheto (*Pennisetum glauco* L.), FP/M - sendo a combinação de feijão de porco + milheto a 50%, BRAQ - Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) e VE – Vegetação espontânea, utilizada como testemunha referente ao manejo convencional comumente adotado na cultura. O delineamento experimental foi em faixa, inteiramente casualizado, com três repetições. Nas coberturas, observou-se que o tratamento com mistura a 50% FP/M apresentou a maior produção de fitomassa, e que o feijão-de-porco possuiu a maior velocidade de decomposição e a liberação dos nutrientes foi: K > Mg = S > P > Ca > N. Quanto à dinâmica do C orgânico e N no solo, as maiores médias de estoques de C orgânico (2,26 Mg.ha<sup>-1</sup>) e N (0,20 Mg.ha<sup>-1</sup>) foram obtidas pelo milheto. Dentre as espécies avaliadas, o feijão-de-porco é aquela que mais favorece o

fornecimento de matéria orgânica leve para o solo, refletindo em maior disponibilidade de substrato para a microbiota do solo e, conseqüentemente, na ciclagem de nutrientes. A consorciação entre a gramínea/leguminosa é recomendada por favorecer a reciclagem de nutrientes, aporte de matéria orgânica e armazenamento de C orgânico no solo.

**Palavras-Chave:** Cobertura do solo, Matéria orgânica leve, Tempo meia-vida, frações de C orgânico.

# EFFECT OF PLANT COVERAGE ON THE DYNAMICS OF NUTRIENTS AND ORGANIC MATTER IN SOIL ON ORANGE CROP

Autor: FRANCISCO ÉDER RODRIGUES DE OLIVEIRA

Orientador: Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier

**ABSTRACT:** The replacement of intensive agricultural management practices by environmentally friendly approaches is of primary importance to ensure the sustainability of the agricultural ecosystem. The sustainable use of agricultural soils depends on the adopted management and/or gradual increase of soil organic matter, assisting soil fertility by the accumulation of nutrients. This study aimed to evaluate the use of cover crops on nutrient recycling in the soil and analyze the influence of this dynamic management on soil organic carbon storage. The experiment was conducted at Fazenda Lagoa Coco in the municipality of Rio Real, Bahia, in an orange orchard (*Citrus sinensis*) with eight years of age and spacing of 6 m x 4 m. The experimental area was 2,760 m<sup>2</sup> with 48 trees per plot. The treatments were: JB – Jack bean (*Canavalia ensiformis* L.), MILL – Millet (*Pennisetum glauco* L.), JB/M – the combination of jack bean and millet to 50%, Braq - Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), VE - spontaneous vegetation, used as control treatment. The experiment was settled in randomized complete block design with three replications. It was observed that treatment JB/M showed the highest biomass production, and the JB presented the highest rate of decomposition. The order in release of nutrients from the cover crops was: K > S Mg > P > Ca > N. The highest levels of soil organic C (2.26 Mg ha<sup>-1</sup>) and N (0.20 Mg ha<sup>-1</sup>) stocks were obtained by MILL treatment. Among evaluated cover crops the JB is the one that increase light organic matter in the soil, supporting availability of organic substrate to microbial growth and, consequently, enhancing nutrient cycling. The blend JB/M (grass/legume) may be recommended to recycling of nutrients, input of organic matter and storage of organic C to the soil.

**KEY WORDS:** Soil covering, light organic matter, half-life rates, organic carbon fractions.



## INTRODUÇÃO GERAL

O manejo convencional afeta de forma negativa a fertilidade do solo, estando diretamente ligado à perda da quantidade da matéria orgânica do solo (MOS) pelo constante revolvimento sofrido pelo mesmo na hora do preparo para o cultivo, interferindo nas propriedades químicas, físicas e biológicas.

O manejo conservacionista do solo, como cultivo mínimo e sistema de plantio direto, utilizados há vários anos nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil, apresenta-se como uma alternativa para a redução de problemas como erosão da camada superficial e perda da fertilidade do solo causado pelo sistema de cultivo convencional. A substituição de práticas convencionais do manejo agrícola, por outras de menor impacto ambiental, é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade do ecossistema agrícola. Entre as práticas conservacionistas pode-se destacar a utilização de coberturas vegetais que proporcionam diversos benefícios, como: adições de nutrientes ao solo pela deposição de resto de culturas que foram utilizadas como plantas de cobertura, proteção contra incidência das gotas de chuva e irradiação solar aumento de troca de cátions do solo (CTC) (Bressan et al., 2013).

O uso de coberturas vegetais consorciadas a cultura principal é uma prática conservacionista que vem sendo difundida em todo o País. Pois, além de proteger o solo contra os agentes erosivos permite a (re)ciclagem de nutrientes. Além disso, as plantas de coberturas vegetais podem auxiliar no controle biológico de plantas espontâneas nas culturas consorciadas, fazendo a redução no uso de herbicidas na lavoura. O uso de coberturas vegetais podem aumentar o crescimento e desenvolvimento da cultura principal e sua produtividade (Perin et al., 2009; Espindola et al., 2006; Ragozo et al., 2006). Ainda existe uma ausência de Informações sobre a consorciação de plantas de coberturas cultivadas nas entrelinhas de fruteiras de forma geral.

Atualmente, frente às discussões sobre mudanças climáticas globais, é crescente o interesse em quantificar o potencial de armazenamento de C no solo a partir da adoção de práticas de manejo conservacionistas. O termo sequestro de C corresponde a um balanço de entrada de CO<sub>2</sub> que é fixada pela

vegetação e que pode ser acumulada a longo prazo no sistema, na forma de biomassa perene e/ou na matéria orgânica do solo (Swift, 2001).

Como alternativa ao manejo convencional do uso do solo na citricultura, tem-se desenvolvido o sistema de Produção Integrada de Frutas (PIF), que busca produzir frutos de alta qualidade com baixo impacto aos recursos naturais. O sistema de Produção Integrada de Frutas, por meio de recomendações tais como manejo de cobertura e revolvimento mínimo do solo, pode contribuir efetivamente para o aumento do armazenamento de C no solo. Entretanto, o potencial de armazenamento de C no solo em áreas que adotam a PIF ainda é pouco conhecido. A PIF Citros foi iniciada na Bahia, em 2002, com o projeto PI-Citros desenvolvido na região Litoral Norte, sob coordenação da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical junto ao Ministério da Agricultura (Carvalho et al., 2006).

A despeito do sucesso da citricultura na Bahia, inclusive no município de Rio Real, as práticas agrícolas adotadas no manejo e cultivo nem sempre asseguram o uso racional dos recursos naturais e melhores condições de trabalho ao citricultor. Práticas convencionais de manejo, como uso intensivo de arado e grade, têm-se demonstrado inadequadas, por contribuir com a redução da qualidade do solo e intensificação da perda dos recursos naturais (Carvalho et al., 2002, 2006), além de incrementar a emissão de gases de efeito estufa (Leite et al., 2003), gerando consequências negativas substanciais na produção e produtividade das culturas. Além disso, por enfrentar problemas relacionados à distribuição irregular das chuvas e pela presença de solos com uma camada coesa em subsuperfície, característica dos Tabuleiros Costeiros, há uma notória redução no aproveitamento da água, sobretudo nos períodos secos (novembro a maio) devido à localização mais superficial do sistema radicular (Carvalho et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de plantas de coberturas do solo na reciclagem de nutrientes e analisar influência deste manejo na dinâmica e armazenamento do carbono orgânico no solo.

No capítulo 1 serão abordados a avaliação da produção de fitomassa, a dinâmica da decomposição e o aporte de nutrientes na reciclagem das plantas coberturas em um pomar de laranja. No capítulo 2 o enfoque será dado à influência das plantas de coberturas na dinâmica do carbono orgânico e seu

armazenamento no solo em um pomar de laranjeira na região do Litoral Norte da Bahia.

## REFERÊNCIAS

BRESSAN, S.B.; NÓBREGA, J.C.A.; NÓBREGA, R.S.A.; BARBOSA, R.S. & SOUSA, L.B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. R. Bras. de Eng. Agrí. e Amb., 17: p.371–378, 2013.

CARVALHO, J.E.B.; DIAS, R.C.S.; MELO FILHO, J.F. Produção integrada de Citros x Convencional Impacto sobre a qualidade do solo. Embrapa: Cruz das Almas, 2006. Comunicado Técnico 118.

CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, R.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M.; SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da Laranja-Pêra. R. Bras. Frutic., 24: 82-85, 2002.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. de.; URQUIAGA, S. & BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. Pesq. Agropec. Bras, 41: 415-420, 2006.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A.; MATOS, E.S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, south-eastern Brazil. Aust. J. Soil Res.,41: 717-730, 2003.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; TEIXEIRA, M.G.; BUSQUET, R.N.B. Desempenho de bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes. R. Ci. Agrotec, 33: 1511-1517, 2009.

RAGOZO, C.R.A.; LEONEL, S. & CROCCI, A.J. Adubação verde em pomar cítrico. R. Bras. Frutic, 28: 69-72, 2006.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. Soil Science, 116: 858-871, 2001.

# **CAPÍTULO 1**

## **PRODUÇÃO DE FITOMASSA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE COBERTURAS EM POMAR DE LARANJEIRA <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

## PRODUÇÃO DE FITOMASSA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE PLANTAS DE COBERTURAS EM POMAR DE LARANJEIRA

Francisco Éder Rodrigues de Oliveira, Judyson de Matos Oliveira, Francisco Alisson da Silva Xavier

**RESUMO:** O uso coberturas vegetais é considerada uma prática que, dentre outros benefícios, favorece a ciclagem de nutrientes. O conhecimento sobre a dinâmica da liberação de nutrientes é fundamental para a escolha de espécies mais adequadas para o sistema de produção. O objetivo deste estudo foi avaliar o aporte de fitomassa e a dinâmica da decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura em um pomar de laranja. O experimento foi instalado na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, Bahia, utilizando um pomar de laranja 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Considerou-se o delineamento experimental em faixas inteiramente casualizado com três repetições. Foram utilizados os seguintes tratamentos como culturas de cobertura: Braquiária (BRAQ); Feijão-de-porco (FP); Milheto (MILH); combinação 50% Feijão-de-porco + milheto (FP/M); e Vegetação espontânea (VE) como testemunha. As plantas de cobertura foram semeadas à lanço nas entrelinhas do pomar. Após 90 dias da semeadura foi feita a quantificação da fitomassa total e coletadas amostras para a determinação dos teores de C, N, P, Ca, Mg, K e S. Logo em seguida foi instalado o ensaio de velocidade de degradação das coberturas vegetais, usado sacolas de decomposição (litter bags) com dimensões de 15 x 20 cm e malha de 5 mm de abertura. O tratamento FP/M apresentou a maior produção de fitomassa. O FP possui a maior velocidade de decomposição e apresenta a seguinte ordem de liberação de nutrientes:  $K > Mg = S > P > Ca > N$ .

**Palavra-Chave:** Feijão-de-porco, Sacolas de decomposição, Tempo de meia-vida.

### BIOMASS PRODUCTION AND RELEASE OF NUTRIENTS COVER CROPS IN ORANGE ORCHARD

**ABSTRACT:** The use of cover crops is considered a practice that, among other benefits, promotes nutrient cycling. The knowledge about the dynamic of release of nutrients is essential for selection of the most suitable species for a specific production system. This study aimed to evaluate the contribution of biomass and nutrient recycling of cover crops in an orange orchard. The experiment was conducted at Fazenda Lagoa do Coco, municipality of Rio Real, Bahia, using an orange orchard (*Citrus sinensis*) with eight years of age. The cover crops treatments were: JB – Jack bean (*Canavalia ensiformis* L.),

MILL – Millet (*Pennisetum glauco* L.), JB/M – blend of jack bean and millet to 50%, Braq - Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) and VE - spontaneous vegetation, used as control treatment. The experiment was settled in randomized complete block design with three replications. The cover crops were sown in the inter-rows of the orchard. After 90 days of sowing it was measured the biomass production of cover crops and samples of biomass were collect to install the experiment of decomposition. The dynamic of decomposition of cover crops was performed using the litter bags method. The litter bags had 15 x 20 cm of dimension and 5 mm of mesh opening. The blend JB/M presented the highest biomass production. Considering the environmental conditions of present study, JB treatment has the highest rate of decomposition and the release of nutrients of this cover crop follows the order: K> Mg = S> P> Ca> N.

**KEY WORDS:** Jack bean, litter bags, Half-life rate.

## INTRODUÇÃO

O uso de coberturas vegetais em sistemas agrícolas visa, dentre outros objetivos, melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Cunha et al., 2011). Dada a importância desta prática agrícola, atualmente varias pesquisas (Bremer Neto et al., 2008; Bordin et al., 2008; Rosa et., 2009; Perin et al., 2010) estão sendo desenvolvidas visando entender a importância desses materiais orgânicos como fontes de nutrientes e de matéria orgânica do solo (MOS). É de fundamental importância selecionar plantas de cobertura com grande potencial em produzir fitomassa e acumular, principalmente, carbono (C) e nitrogênio (N) (Doneda et al., 2012). No plano de manejo para seleção de plantas de cobertura deve-se considerar que estas plantas apresentem alta capacidade de produção de fitomassa e, sobretudo, elevada resistência à decomposição, que se relaciona à proporção entre os teores de C e N (Crusciol et al., 2005).

Entre as principais espécies utilizadas como plantas de cobertura, destacam-se as gramíneas e leguminosas. As primeiras pela produção de fitomassa e as leguminosas pelo potencial de fixação N atmosférico. Entretanto, outros benefícios podem ser atribuídos ao uso destas coberturas no solo, tais como: diminuição da resistência à penetração das raízes no solo, devido ao seu sistema radicular pivotante de algumas leguminosas, e permanência de períodos mais longos da palhada sobre no solo, reduzindo

perda de água pela evaporação e aumentando a retenção de água no solo como é o caso das gramíneas. Além destes benefícios, o uso de coberturas vegetais podem aumentar o crescimento e desenvolvimento da cultura principal e sua produtividade (Espindola et al., 2006; Ragozo et al., 2006; Perin et al., 2009), e auxiliar no controle de plantas espontâneas e pragas das culturas (Espindola et al., 2000).

Um fator de grande importância que deve ser levado em consideração no uso de coberturas vegetais é a identificação de espécies mais adequadas para determinada região, para garantir o sucesso dessa prática (Espindola et al., 2006). Com isso, o uso de plantas de cobertura com sistema radicular pivotante (leguminosas) que retiram nutrientes das camadas mais profundas levando a superfície do solo, fazendo a (re)ciclagem de nutrientes nestas camadas superficiais do solo conferem-se como uma alternativa sustentável para redução de uso de fertilizantes minerais (Carneiro et al., 2008).

Visando os benefícios que as plantas de coberturas podem trazer ao solo e as culturas principais que são consorciadas, é de suma importância o uso desta prática em pomares de fruteiras, pois poderá aumentar a fertilidade do solo e a produtividade das plantas, além reduzirem o uso de insumos agrícolas na área. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de fitomassa, a velocidade de degradação dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes de diferentes coberturas vegetais em um pomar comercial de laranjeira.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Lagoa do Coco situada no município de Rio Real (11° 27' 52" S e 37° 56' 11" W, altitude 186 m), região do Litoral Norte da Bahia. O clima predominante é do tipo As, quente, conforme a classificação de Köppen, com temperaturas variando 18°C nos meses mais frios, a acima de 35°C em meses de estiagem, no mês mais seco a precipitação é inferior a 60 mm com verão seco; a pluviosidade média anual é de 1.000 mm, correspondendo os meses de maio a julho ao período mais chuvoso e os meses de outubro a dezembro ao período mais seco, e a temperatura média anual é de 24°C (Santana et al., 2006). O solo do local foi classificado como Latossolo Amarelo álico coeso (Carvalho et al., 2002). No

período de execução de experimento o pomar selecionado possuía aproximadamente oito anos de idade e três anos sob sistema de produção integrada, sendo formado por laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo' no espaçamento 6 m x 4 m. A área da parcela experimental foi de 2.760 m<sup>2</sup> com 120 plantas por parcela e a área total do experimento de aproximadamente 25.000 m<sup>2</sup>.

O preparo do solo para a semeadura das coberturas foi feito por meio da roçagem da vegetação espontânea seguida de uma gradagem com regulagem do implemento feita para atuar apenas superficialmente. Em seguida, foi realizada a semeadura das diferentes coberturas vegetais nas entrelinhas do pomar. A semeadura foi feita a lanço, com posterior incorporação superficial das sementes por meio de uma gradagem superficial.

Os tratamentos avaliados como plantas de coberturas do solo foram: T1 - Braquiária (*Brachiaria decumbens*) (BRAQ), T2 - Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (FP), T3 – combinação 50% Feijão-de-porco + milho (FP/M), T4 – Milho (*Pennisetum glaucum*) (MILH) e T5 – Vegetação espontânea (VE) como testemunha, representando o manejo do produtor. O plantio das coberturas foi realizado no início do período chuvoso (maio/junho de 2012). A roçagem da fitomassa das coberturas foi feita 90 dias após a semeadura (DAS) e os resíduos vegetais foram mantidos sobre o solo.

A quantificação de fitomassa total da parte aérea das coberturas vegetais foi realizada antes da roçagem, utilizando um quadro metálico com dimensões de 0,50 m x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>), o qual foi lançado três vezes aleatoriamente em cada parcela nas entrelinhas do pomar. Após a coleta, o material foi imediatamente pesado para obtenção da massa fresca. Em seguida, amostras de cada tratamento foram levadas ao laboratório e secas em estufa a 65°C por 72 horas. Posteriormente foi feito o cálculo da matéria seca total expressa em toneladas por hectare. Após a quantificação da matéria seca, foram colhidas amostras para a determinação dos teores de C, N, P, Ca, Mg, K e S, segundo EMBRAPA (2009).

Para a avaliação da degradação dos resíduos vegetais utilizou-se a metodologia das sacolas de decomposição (*litter bags*), foi depositado 100 g de material fresco triturado em cada sacola, e em seguida foram levadas ao campo, deixadas em contato com o solo nas entrelinhas. As sacolas que



acondicionaram os materiais vegetais possuíam dimensões de 15 x 20 cm e malha de 5 mm de abertura. As avaliações da matéria seca remanescente foram realizadas aos 8, 15, 20, 30, 40, 55 e 70 dias após a distribuição das sacolas no campo. Para cada tempo de avaliação foram consideradas três repetições.

Conforme a metodologia proposta por Thomas & Asakawa (1993) e usada por Torres et al. (2008) foi calculada o conteúdo de matéria seca adicionada inicialmente nas sacolas de decomposição, utilizando o modelo exponencial.

$$X = X_0 \cdot e^{-kt},$$

X= fitomassa seca remanescente após a degradação em um período de tempo t, em dias;

X<sub>0</sub>=valor da fitomassa seca inicial;

k=constante de decomposição do resíduo vegetal.

Para determinar a constante de decomposição (k) de cada tratamento foi utilizada a seguinte equação:

$$k = \ln (X / X_0) / t$$

Com a constante de decomposição (k) dos resíduos vegetais foi calculado o tempo de meia vida (T<sub>1/2</sub>) dos tratamentos.

$$T_{1/2} = \ln (2) / k$$

ln (2) o logaritmo neperiano do número dois, que é uma constante;

k é a constante de decomposição.

O delineamento experimental usado foi em faixas, inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), feitas comparações de media pelo teste Tukey a 5% de significância com auxílio do programa estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca variou de 1,5 a 3,6 t ha<sup>-1</sup> (Figura 1). A produção de matéria seca não diferiu significativamente entre os tratamentos

com coberturas implantadas, porém todos superaram a produção de fitomassa da vegetação espontânea. O tratamento composto pela mistura de FP/M teve uma produção de massa seca superior a VE espontânea em cerca de 58%.

A velocidade de crescimento inicial das culturas, a fixação biológica do nitrogênio pela leguminosa (feijão-de-porco), a rusticidade e elevada produção vegetal do milho, que associado ao N<sub>2</sub> fixado pelo feijão-de-porco podem ter contribuído para os resultados encontrados. Resultados semelhantes também encontrado por Ferrari Neto et al. (2012), que verificaram em seu estudo uma produção de fitomassa vegetal entre o consórcio guandu-milho aos 75 dias após a emergência (DAE) de 6,2 t ha<sup>-1</sup>.

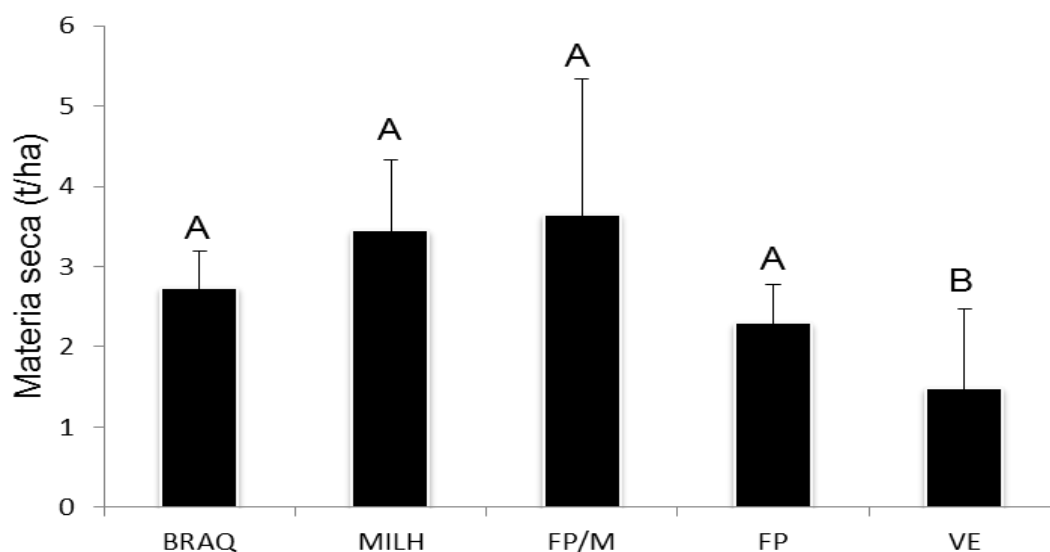


Figura 1 - Produção de matéria seca (t ha<sup>-1</sup>) de diferentes plantas de cobertura em um pomar de laranja “Pera”, Rio Real- BA. BRAQ: braquiária FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; MILH: milho; VE; vegetação espontânea.

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

O valor de fitomassa encontrado nos tratamentos está abaixo do ideal recomendado por Alvarenga et al. (2001), que sugere que plantas de cobertura de solo devem proporcionar no mínimo 6 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca para se conseguir uma adequada cobertura do solo. Uma justificativa para baixa produção de fitomassa pelos tratamentos foi à escassez de chuva no período de desenvolvimento da cultura, sendo um ano atípico. As gramíneas de modo geral produziram conteúdo de matéria seca semelhante à leguminosa (Figura 1). A vegetação espontânea foi a cobertura que produziu menor quantidade de fitomassa diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos, e corroborando ao encontrado por Carneiro et al. (2008); Azevedo et al. (2012).

Outro fator para a baixa produção de material vegetal pelas plantas espontâneas pode estar relacionada com vasta quantidade de espécies vegetais presentes neste tratamento, fazendo que haja um crescimento desigual destas coberturas do solo, podendo ter contribuído para o baixo resultado da quantificação de fitomassa do presente estudo.

O tratamento BRAQ mesmo não diferenciando estatisticamente da mistura FP/M, e dos outros dois tratamentos solteiros MILH e FP (Figura 1), foi superior estatisticamente ao tratamento VE. É uma cobertura conhecida pelo seu potencial na produção de fitomassa. Torres et al. (2008) encontraram resultados na produção de fitomassa seca de 6,0, 10,3 e 7,1 kg/ha no uso de (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), (*Pennisetum americanum* sin. tiphoides) e o (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como plantas de coberturas.

Na produção de matéria seca dos tratamentos estudados verifica-se uma diferença significativa de 2,1 t/ha entre o tratamento da mistura FP/M e o tratamento vegetação espontânea (VE). Tais resultados são de grande relevância na escolha das culturas deveram utilizadas como cobertura vegetal, pois entre os requisitos para escolha de plantas cobertura de solo estar a produção de fitomassa.

Com relação à caracterização química das diferentes coberturas, os percentuais de C variaram de 41 a 43% (Tabela 1) entre os diferentes materiais. Havendo um aporte de 6,32 e 2,35 t C/ha, nos tratamentos BRAQ e VE respectivamente. Os tratamentos BRAQ e FP foram os que apresentaram os maiores teores de C. Por outro lado, o resíduo orgânico derivado do tratamento VE foi o que apresentou o menor teor de C (Tabela 1).

Os percentuais de N nos diferentes resíduos variaram de 1,7 a 5,1% (Tabela 1), sendo os maiores teores encontrados na leguminosa FP. Os resultados demonstram que leguminosas possuem potencial de estoque de N, em média, duas vezes maior em relação às gramíneas. Carneiro et al. (2008) consideram a introdução de leguminosas em cultivos um grande ganho para cultura principal, pela fixação de nitrogênio atmosférico e disponibilidade de nutrientes, mesmo apresentando baixa relação C/N. Os autores verificaram que a quantidade de fitomassa de leguminosas como feijão guandu e do feijão-deporco se diferenciou do milheto, e ressaltam que as mesmas fizeram um aporte de N no solo de 442 e 507 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto o milheto

introduziu somente de 233 kg ha<sup>-1</sup> de N. O teor de N encontrado no FP solteiro, em sua caracterização química, demonstra que o FP foi superior a mistura de FP/M em 31 g kg<sup>-1</sup>, isto pode estar relacionado ao baixo teor de N encontrado no milho ou a alta relação C/N que o mesmo possui. Destaca-se ainda que o milho demonstrou ser a cobertura de menor teor de N em sua composição química, ficando atrás até mesmo da VE, sugerindo que este tratamento foi mais eficiente na ciclagem deste nutriente que o milho (Tabela 1).

Tabela 1 – Teores de nutrientes no material vegetal de diferentes espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranja ‘Pera’, Rio Real, BA

Elemento	Tratamentos <sup>a</sup>				
	BRAQ	FP	FP/M	MILH	VE
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
C	432,3	430,3	422,4	421,8	413,8
N	28,0	50,8	19,8	16,9	18,1
P	2,32	3,23	3,14	3,59	7,45
K	1,61	15,22	11,91	10,71	14,92
Ca	3,26	26,33	12,07	2,88	11,55
Mg	3,07	3,26	2,79	2,06	5,12
S	1,78	4,86	2,21	1,85	3,96
<b>Relações</b>					
C/N	15	8	21	26	23
Ca/Mg	1,06	8,07	4,32	1,39	2,25
C/P	182,46	33,22	134,52	117,49	55,54
C/S	242,86	88,54	191,13	228,0	104,49

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; MILH: milho; VE: vegetação espontânea.

A relação C/N variou de 8 a 26, sendo encontrado o menor valor no tratamento FP. Gama-Rodrigues (2007) encontrou altos teores no acúmulo de N, P, Ca no feijão-de-porco, mas verificou também baixa relação C/N. Os maiores valores da relação C/N foram observados no tratamento MILH, seguido do tratamento VE. Pacheco et al. (2011) também verificaram que o milho fez a melhor acumulação e liberação de nutrientes, e apresentou os maiores valores de relação C/N. A combinação FP/M apresentou relação C/N semelhante ao encontrado no MILH solteiro, este resultado demonstra que a

combinação de FP/M possui menor velocidade de degradação quando comparado ao FP solteiro. Estes resultados sugerem que o material resultante do consórcio gramínea/leguminosa cumpre o importante papel de promover a cobertura do solo por maior tempo após a roçagem. Por outro lado, o tratamento FP apresentou a menor relação C/N, o que refletirá em mais rápida decomposição e proteção do solo por menor período de tempo.

Os teores de P foram bastante similares entre as coberturas implantadas, porém a VE apresentou, em média, 59% mais P que as demais (Tabela 1). O tratamento BRAQ foi o que apresentou menor teor de P no material vegetal. Sendo superior ao encontrado por Gama-Rodrigues (2007), que obteve resultados de 1,04 e 0,96 g kg<sup>-1</sup> com braquiária adubada e não-adubada, respectivamente.

Quanto aos teores de K, todas as coberturas apresentaram valores elevados do elemento em sua composição química, com exceção o tratamento com BRAQ que ficou abaixo ao encontrado nas outras coberturas. O tratamento FP seguido do VE foram os que apresentaram as maiores médias de teor de K.

O tratamento FP obteve 14% a mais Ca do que o MILH em sua composição química. Os teores de Mg variaram entre as coberturas, sendo o tratamento com VE a que apresentou o maior teor deste elemento em seu tecido vegetal, possuindo 40% a mais que o MILH (Tabela 1). A relação Ca/Mg foi, em média, seis vezes maior no tratamento FP, indicando o maior potencial desta espécie em reciclar estes nutrientes. Nas gramíneas, esta relação situou-se próximo a uma unidade, revelando um equilíbrio entre estes elementos nos tecidos vegetais.

A dinâmica da decomposição das diferentes coberturas vegetais está apresentada na Figura 2. Na primeira avaliação, aos oito dias após a instalação do experimento, a média de decomposição dos materiais foi de 21%, com exceção do tratamento FP/M que apresentou média de 34% de perda de matéria seca. A diferença entre a dinâmica de decomposição entre os materiais ocorreu após 10 dias. A partir desse tempo, os tratamentos BRAQ e MILH foram os que apresentaram menores perdas de matéria seca diferenciando-se dos demais por se tratarem de gramíneas que possuem uma relação C/N maior que os outros tratamentos. O FP foi o que apresentou maior velocidade de

decomposição, em que 50% da matéria seca inicial foram decompostas em aproximadamente 30 dias, e menos que 10% do material original restou ao final de 70 dias.

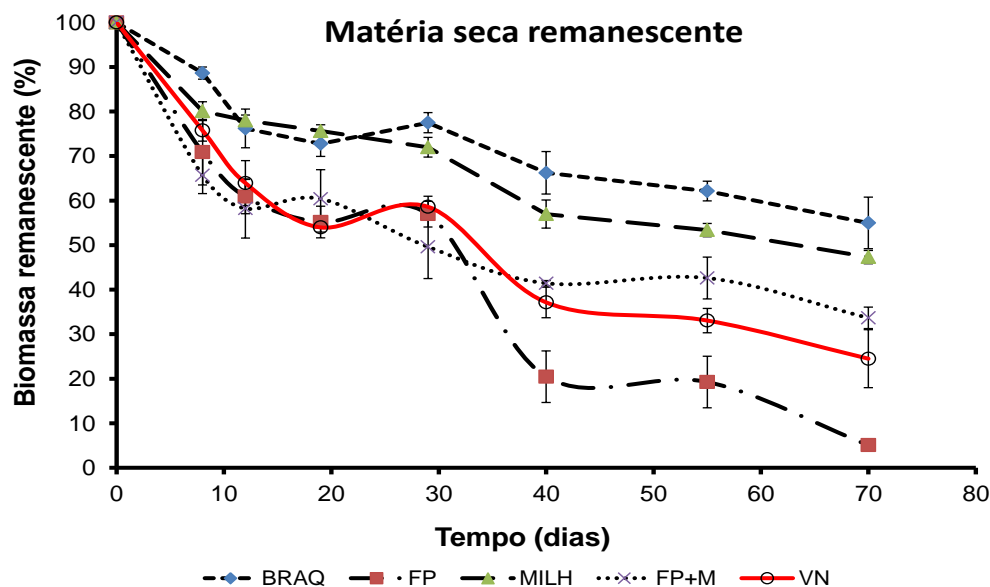


Figura 2 – Biomassa seca remanescente de diferentes tipos de coberturas vegetais em pomar de Laranja “Pera”, Rio Real-BA. BRAQ: braquiária FP: feijão de-porco; MILH: milho; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; VE: vegetação espontânea.

O material vegetal da combinação 50% FP/M apresentou um padrão de decomposição lento quando comparado ao feijão-de-porco. Uma explicação para este resultado é o balanceamento da relação C/N devido à combinação de uma gramínea com uma leguminosa. Giacomini et al. (2003) destacam que além de proteger o solo e de adicionar nitrogênio pela fixação atmosférica, o consórcio entre espécies de plantas de cobertura de solo deve proporcionar uma produção de matéria seca com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivo solteiro. Já o tratamento VE apresentou dinâmica de decomposição semelhante ao tratamento FP/M até 40 dias após o início do experimento. Contudo, apresentou maiores perdas de matéria seca após esse período. Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura (Torres et al. 2008), as gramíneas por apresentarem maior relação C/N e alta resistência a degradação apresentam maior tempo de decomposição em relação às leguminosas, como constatado também neste estudo (Tabela 1).

Os resultados sugerem que, para a função de manutenção da cobertura do solo, os resíduos orgânicos derivados de gramíneas podem ser considerados mais interessantes no plano de manejo por apresentarem menor

velocidade de decomposição. Por outro lado, material proveniente de leguminosas pode reciclar nutrientes mais rapidamente. A combinação gramínea/leguminosa, representada neste estudo pelo tratamento FP/M, pode ser considerada uma opção interessante para o sistema de produção, pois demonstrou um padrão de decomposição intermediário aos cultivos solteiros, podendo ao mesmo tempo promover as funções de proteção do solo e reciclagem de nutrientes a médio prazo. Com isso, obtém-se taxa de decomposição de resíduos menores que das leguminosas, aumentando o tempo de meia-vida do resíduo vegetal e proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas.

Destaca-se ainda o padrão de decomposição do material da vegetação espontânea, sendo mais lento que a leguminosa (FP). Assim, estas espécies, por já estarem adaptadas ao ambiente, seriam mais eficientes em manter a cobertura do solo em relação a uma espécie introduzida. Este papel ecológico desempenhado pelas espécies espontâneas reforça a necessidade de reavaliar o conceito de 'plantas daninhas' ou 'plantas indesejáveis'. É necessário que se conheça, entretanto, o período de convivência com a cultura principal sem que haja perda de produção.

Com a constante de decomposição ( $k$ ) foi calculado o tempo de meia-vida ( $T_{1/2}$ ) das coberturas vegetais (Tabela 2). Observou-se que metade dos resíduos vegetais provenientes do BRAQ e do MILH havia se decomposto, respectivamente, aos 68 e aos 91 dias, o que possivelmente pode ser explicado pela maior relação C/N, característica das gramíneas. Dessa forma os resíduos provenientes dessas espécies apresentam um padrão de decomposição mais lento comparado às leguminosas. Giongo et al. (2011) encontraram resultados diferentes a esse estudo, os autores verificaram que o uso de leguminosas solteiras e consorciadas a 50% proporcionaram maior duração no tempo meia vida do que os sem leguminosas.

Entre todas as coberturas vegetais, os tratamentos VE e FP foram os que apresentaram menor  $T_{1/2}$ . Para o feijão-de-porco a rápida decomposição está ligada a sua baixa relação C/N (Tabela 1).

Tabela 2 - Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ( $T^{1/2}$ ) da biomassa massa seca remanescente das espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranja 'Pera', Rio Real, BA.

Tratamentos <sup>a</sup>	$T^{1/2}$	K
	Dias	g/dia
BRAQ	68	0,010
FP	38	0,018
FP/M	49	0,014
MILH	91	0,008
VE	37	0,020

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; MILH: milheto; VE: vegetação espontânea.

A constante de decomposição e o  $T^{1/2}$  foram calculados para os nutrientes presentes na matéria seca remanescente (Tabela 3). A velocidade de liberação dos nutrientes obedeceu a seguinte ordem:  $K > Mg = S > P > Ca > N$ . Quanto à liberação de N, o material proveniente da BRAQ foi o que apresentou maior  $T^{1/2}$ , indicando a menor velocidade de reciclagem deste nutriente, corroborando demais estudos na literatura (Leite et al., 2010). O  $T^{1/2}$  do K indica que a velocidade de liberação deste nutriente foi semelhante entre os tratamentos, em média aos 12 dias, estando de acordo com outros estudos (Boer et al., 2007; Gama-Rodrigues et al., 2007; Giongo et al., 2011; Soratto et al., 2012). A rápida velocidade de liberação do K está relacionada ao fato do mesmo não se ligar a nenhuma parte estrutural da célula no tecido vegetal e se encontrar na forma iônica, sendo facilmente perdido por lixiviação, erosão ou absorvido pelos vegetais (Torres et al. 2005; Gama-Rodrigues et al., 2007; Giongo et al., 2011; Soratto et al., 2012).



Tabela 3 - Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ( $T^{1/2}$ ) da matéria seca remanescente das espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranja 'pera', Rio Real, BA.

Tratamentos <sup>a</sup>	Elementos											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	k g/dia	$T^{1/2}$ Dia	k g/dia	$T^{1/2}$ dia	k g/dia	$T^{1/2}$ dia	k g/dia	$T^{1/2}$ dia	k g/dia	$T^{1/2}$ dia	k g/dia	$T^{1/2}$ Dia
BRAQ	0,019	37	0,040	18	0,053	13	0,028	25	0,043	16	0,044	16
MILH	0,031	23	0,033	21	0,053	13	0,027	25	0,035	20	0,038	18
FP	0,024	29	0,060	12	0,060	12	0,066	11	0,063	11	0,080	9
FP/M	0,031	23	0,048	14	0,065	11	0,065	11	0,064	11	0,065	11
VE	0,031	23	0,057	12	0,069	10	0,050	14	0,059	12	0,067	10

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; MILH: milho; VE: vegetação espontânea.  $T^{1/2}$  tempo de meia vida. k: constante de decomposição.

A liberação de P, Ca, Mg e S foi mais lenta nas gramíneas em relação à leguminosa FP. Comparando as gramíneas às outras coberturas, verifica-se que as mesmas tiveram um maior  $T^{1/2}$  dos macronutrientes em relação aos outros tratamentos, fazendo que os mesmos sejam liberados gradativamente. De modo geral, a velocidade de liberação dos nutrientes na VE foi semelhante ao padrão encontrado nos tratamentos FP e FP/M, sugerindo a importância destas plantas para a reciclagem de nutrientes no ambiente.

## CONCLUSÕES

✓ A combinação (50%) feijão-de-porco + milho é a opção mais desejável para proporcionar maior cobertura do solo e aporte de carbono e nutrientes ao solo em relação aos cultivos solteiros.

✓ As plantas espontâneas desempenham um papel ecológico importante na reciclagem de nutrientes, sugerindo que sua total eliminação da área, comumente feita em plantios convencionais, representa uma perda de aporte orgânico e nutrientes para o sistema.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R.C.; LARA, C.W.A.; CRUZ, J.C. & SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropec, 22: 25-36, 2001.

AZEVEDO, F. de.; ROSSETTO, M.P.; SCHINOR, E.H.; MARTELLI, I.B. & PACHECO, C. de A. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranja-‘pera’. R. Bras. Frutic., 34:134-142, 2012.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L de.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L DE. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. & PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. Pesq. Agropec. Bras. 42: 1269-1276, 2007.

BORDIN, I.; NEVES, C.S.V.J.; FRANCO FILHO, P.; PRETI, E. A. & CARDOSO, C. Crescimento de milheto e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. R. Bras. Ci. Solo, 32:1409-1418, 2008.

BREMER NETO, H.; VICTORIA FILHO, R.; MOURÃO FILHO, F.de.A.A.; MENEZES. G.M.de. & CANALI, É. Estado nutricional e produção de laranja 'Pêra' em função da vegetação intercalar e cobertura morta. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 43: 29-35, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B. & SOUZA, E.de. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. R. Brag, 7: 455-462, 2008.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E. & MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. Pesq. Agropec. Bras, 40: 161-168, 2005.

CUNHA, E.de.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.deB.; DIDONET, A.D. & LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – atributos físicos do solo. R. Bras. Ci. Solo, 35: 589-602, 2011.

CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, R.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M. & SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da Laranja-Pêra. R. Bras. Frutic., 24: 82-85, 2002.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; MIOLA, E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN, J. & GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. R. Bras. Ci. Solo, 36: 1714-1723, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 627p.

ESPINDOLA, J.A.A.; OLIVEIRA, S.J.C.R. de; CARVALHO, G.J.A. de; SOUZA, C.L.M. de; PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Potencial alelopático e controle de plantas invasoras por leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 8p. (Comunicado técnico, 47).

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. de.; URQUIAGA, S. & BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. Pesq. Agropec. Bras, 41: 415-420, 2006.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. & COSTA, C.H.M da. Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. R. Brag, 71: 264-272, 2012.

GAMA-RODRIGUES, A.C. da.; GAMA-RODRIGUES, E.F. da. & BRITO, E.C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). R. Bras. Ci. Solo, 31: 1421-1428, 2007.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S. & FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. R. Bras. Ci. Solo, 27: 325-334, 2003.

GIONGO, V.; MENDES, A.M.S.; CUNHA, T.J.F. & GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. R. Ci. Agro, 42: 611-618, 2011.

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R. de C.A. de.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S.R. da S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. R. Ci. Agro, 41: 29-35, 2010.

PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O. de A.; ASSIS, R.L. de.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E. & PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. Pesq. Agropec. Bras, 46: 17-25, 2011.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; CABALLERO, S.S.U.; GUERRA, J. G. M. & GUSMÃO, L.A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milho solteiros e consorciados. Rev. Ceres, 57: 274-281, 2010.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; TEIXEIRA, M.G.; BUSQUET, R.N.B. Desempenho de bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes. R. Ci. Agrotec, 33: 1511-1517, 2009.

RAGOZO, C.R.A.; LEONEL, S. & CROCCI, A.J. Adubação verde em pomar cítrico. R. Bras. Frutic, 28: 69-72, 2006.

ROSA, J.D.; MAFRA, Á.L.; NOHATTO, M.A.; FERREIRA, E.Z.; OLIVEIRA, O.L.P. de.; MIQUELLUTI, D.J.; CASSOL, P.C. & MEDEIROS, J.C. Atributos químicos do solo e produtividade de videiras alterados pelo manejo de coberturas verdes na Serra Gaúcha. R. Bras. Ci. Solo, 33: 179-187, 2009.

SANTANA, M.B.; SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D. & FONTES, L.E.F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. R. Bras. Ci. Solo, 31: 1-12, 2006.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C.H.M.; FERRARI NETO, J. & CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. Pesq. agropec. Bras. 47: 1462-1470, 2012.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. & FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., 43: 421-428, 2008.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C. & FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 29: 609-618, 2005.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Bio & Bioc, 25: 1351-1361, 1993.

## **CAPÍTULO 2**

### **EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA SOBRE A DINÂMICA DO C ORGÂNICO DO SOLO EM POMAR DE LARANJEIRA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico Revista Ciência Agronômica.

## EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA SOBRE A DINÂMICA DO C ORGÂNICO DO SOLO EM POMAR DE LARANJEIRA

Francisco Éder Rodrigues de Oliveira, Francisco Alisson da Silva Xavier

**RESUMO:** O uso de plantas de coberturas vegetais em consórcio com fruteiras é uma alternativa para manter cobertura do solo nas entrelinhas e incrementar os estoques de C orgânico no solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das plantas de coberturas sobre a dinâmica do carbono orgânico do solo em um pomar de laranjeira. O experimento foi instalado na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, Bahia, utilizando um pomar de laranja 'Pera' no espaçamento de 6 m x 4 m. Considerou-se o delineamento experimental em faixas, inteiramente casualizado com três repetições. Foram utilizados os seguintes tratamentos como culturas de cobertura: Braquiária (BRAQ); Feijão-de-porco (FP); Milheto (MILH); combinação 50% Feijão-de-porco + milheto (FP/M); e Vegetação espontânea (VE) como testemunha. As plantas de cobertura foram semeadas à lanço nas entrelinhas do pomar e ceifadas no estágio máximo de floração. Os resíduos foram mantidos sobre o solo nas entrelinhas para decomposição natural. A amostragem do solo foi feita 60 dias após a roçagem das coberturas. Foram quantificados os teores totais de C orgânico e N do solo; e teores de C nos compartimentos da matéria orgânica: fração leve, frações oxidáveis de C, matéria orgânica particulada e substâncias húmicas. As maiores médias de estoques de C orgânico ( $2,26 \text{ Mg/ha}^{-1}$ ) e N ( $0,20 \text{ Mg/ha}^{-1}$ ) do solo foram obtidas pelo tratamento MILH. Dentre as coberturas avaliadas, o tratamento FP forneceu maior conteúdo de matéria orgânica leve para solo. O tratamento FP/M favorece maior acúmulo de C orgânico no solo afirmando-se como uma adequada cobertura para o sequestro de C atmosférico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compartimentos de carbono, Labilidade, Substâncias húmicas.

### EFFECT OF COVER CROPS ON THE DYNAMICS OF SOIL ORGANIC C

**ABSTRACT:** The use of cover crops intercropped with fruit trees represents an alternative to maintain soil covering in the inter-rows and increase soil organic carbon stocks. This study aimed to investigate the effect of cover crops on soil organic carbon dynamics in an orange (*Citrus sinensis*) orchard on the North Coast of Bahia. The experiment was conducted at Fazenda Lagoa do Coco, municipality of Rio Real, Bahia, using an orange orchard, spacing 6 m x 4 m, with eight years of age. The experiment was settled in randomized complete block design with three replications. The cover crops treatments were: JB – Jack bean (*Canavalia ensiformis* L.), MILL – Millet (*Pennisetum glauco* L.), JB/M – blend of jack bean and millet to 50%, Braq - Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) and VE - spontaneous vegetation, used as control treatment. The cover crops were sown in the inter-rows of the orchard and mowed in the maximum stage of flowering. The organic residues were maintained under soil surface in the inter-rows for natural decomposition. Soil sampling was done 60-

days after mowing of cover crops. For evaluation of soil organic C dynamics were measured: soil total organic C and N; and C contents in the organic matter pools: light fraction, oxidizable organic C fractions, particulate organic matter and humic substances. The highest average of soil organic C ( $2.26 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) and N ( $0.20 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) stocks were obtained by MILL treatment. Among evaluate cover crops JB promoted greatest increase of light organic matter. Organic C contents on humic substances are not affected by cover crops. The blend JB/M increase soil organic C stocks and can be considered a suitable cover crop for intercropping with orange trees in the region and enhance C sequestration.

**KEY WORDS:** Soil carbon pools, Lability, Humic substances.

## INTRODUÇÃO

A substituição do manejo convencional do solo por práticas mais sustentáveis torna-se uma tendência em ascensão que vem ganhando espaço em todo mundo. O manejo conservacionista e suas práticas de integração na relação solo-planta afirma-se como uma importante alternativa na conservação das propriedades física, química e biológica do solo, promovendo condições favoráveis à ciclagem de nutrientes e acumulação de matéria orgânica.

O uso sustentável dos solos agrícolas implica na manutenção e/ou aumento gradativo dos teores de matéria orgânica nos sistemas agrícolas, onde auxilia na elevação da fertilidade pela acumulação de nutrientes aportados no solo, melhora a aeração dos gases dentro dos macroporos, e ajudam na manutenção da microfauna microbiana. A utilização de plantas de coberturas vegetal como uma prática de conservação do solo, manutenção da fertilidade, e produtividade agrícola, demonstra-se como uma alternativa favorável para o uso sustentável do solo (CAETANO *et al.*, 2013). O cultivo coberturas vegetais sobre os solos entre outras atribuições objetiva produzir grande quantidades de resíduos vegetais suficiente para cobrir o solo e elevar os teores de matéria orgânica (GIONGO *et al.*, 2011).

O material vegetal deixado pelas plantas de coberturas, somado aos resíduos de culturas deixadas pelas culturas anteriores, favorece a formação de ambiente favorável para o crescimento e desenvolvimentos de culturas comerciais, contribuindo para o aumento da produção e mantendo a qualidade do solo (ALVARENGA *et al.*, 2001). Dessa forma, é de fundamental importância uma boa escolha das espécies vegetais que deverão ser utilizadas periodicamente como plantas de cobertura do solo. Estas devem proporcionar

maior aporte de resíduos de palha, e permitir a permanência desse resíduo vegetal o máximo de tempo possível sobre o solo, auxiliando na proteção do solo e fazendo a acumulação de carbono e nutrientes.

Conforme Lal (2004), o manejo da cobertura e as práticas de preparo do solo são fatores preponderantes dentro do propósito do aumento de sequestro de C. Adoção de práticas conservacionistas constitui-se uma estratégia fundamental para reduzir as perdas de C para a atmosfera em função do manejo do solo, contribuindo para o aumento do potencial de armazenagem de C no solo (SWIFT, 2001).

Visando isso, o uso de plantas de cobertura é fundamental em plantios comerciais de fruteiras como laranjeiras, onde é comum a prática da roçagem das plantas espontâneas presentes nas entrelinhas das laranjeiras deixando o solo descoberto, o que condiciona a perda de umidade e o aumento da liberação de C-CO<sub>2</sub> para atmosfera. Baseando-se na hipótese de que a introdução de coberturas vegetais nas entrelinhas de pomares de laranja proporciona mudanças nos níveis de matéria orgânica do solo, objetivou-se neste estudo avaliar os teores totais de C orgânico do solo e em diferentes compartimentos da matéria orgânica em função do cultivo de plantas de cobertura em um pomar de laranja.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Lagoa do Coco situada no município de Rio Real (11° 27' 52" S e 37° 56' 11" W, altitude 186 m), região do Litoral Norte da Bahia. O clima predominante é do tipo As, quente, conforme a classificação de Köppen, com temperaturas variando 18°C nos meses mais frios, a acima de 35°C em meses de estiagem, no mês mais seco a precipitação é inferior a 60 mm com verão seco; a pluviosidade média anual é de 1.000 mm, correspondendo os meses de maio a julho ao período mais chuvoso e os meses de outubro a dezembro ao período mais seco, e a temperatura média anual é de 24°C (SANTANA *et al.*, 2006). O solo do local foi classificado como Latossolo Amarelo álico coeso (CARVALHO *et al.*, 2002). No período de execução de experimento o pomar selecionado possuía aproximadamente oito anos de idade, sendo formado por laranja 'Pera'



enxertada em limoeiro 'Cravo' no espaçamento 6 m x 4 m. A área da parcela experimental foi de 840 m<sup>2</sup> com 48 plantas por parcela e a área total do experimento de aproximadamente 12.600 m<sup>2</sup>.

Na instalação do experimento foi feito o preparo do solo para a semeadura das coberturas. Inicialmente fez-se a uma roçagem da vegetação espontânea seguida de uma gradagem com regulagem do implemento feita para atuar apenas superficialmente. A semeadura foi feita a lanço, nas entrelinhas do pomar, com posterior incorporação superficial das sementes por meio de uma gradagem leve.

Os tratamentos avaliados como plantas de coberturas do solo foram: T1 – Braquiária (*Brachiaria decumbens*) (BRAQ), T2 – Milheto (*Pennisetum glaucum*) (MILH), T3 - Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (FP), T4 – combinação em 50% Feijão-de-porco + milheto (FP/M) e T5 – Vegetação espontânea (VE), utilizada como tratamento testemunha no estudo comparativo às coberturas implantadas. O plantio das coberturas foi realizado no início do período chuvoso (maio/junho) de 2012. A roçagem da fitomassa das coberturas foi feita noventa dias após a semeadura (DAS), correspondendo ao período máximo de florescimento, e mantidas sobre o solo.

A coleta das amostras de solo ocorreu trinta dias após a roçagem das plantas nas entrelinhas do pomar, sendo três repetições composta por tratamentos, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. As características físicas e químicas do solo utilizado no experimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas e químicas do Latossolo Amarelo álico coeso cultivado com laranjeira 'Pera', Rio Real-BA

Atributos	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-40
Areia, g kg <sup>-1</sup>	903	896	862
Silte, g kg <sup>-1</sup>	26	3	17
Argila, g kg <sup>-1</sup>	71	101	121
Densidade, g.cm <sup>-3</sup>	1,48	1,66	1,66
pH, H <sub>2</sub> O	5,9	5,8	5,7
P, mg dm <sup>-3</sup>	30,9	24,3	20,3
K, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,17	0,15	0,13
Ca, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,63	1,57	1,38
Mg, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,56	0,54	0,49
Ca+Mg, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,18	2,11	1,87
Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,03	0,03	0,05
H+Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,98	1,96	2,17
SB, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,38	2,28	2,02
CTC, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,32	4,24	4,19
V, %	54	53	47

O C orgânico total do solo (COT) foi quantificado pela oxidação da matéria orgânica via úmida na presença de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup> em meio sulfúrico com aquecimento externo segundo Yeomans e Bremner (1988). A quantificação do nitrogênio total (NT) foi realizada por meio de digestão sulfúrica seguida de destilação Kjeldahl conforme Tedesco *et al.* (1995). Com a obtenção da densidade do solo nas diferentes profundidades estimou-se os estoques totais de C orgânico e N nas diferentes camadas, utilizando a equação:

$$\text{Estoque C ou N (Mg ha}^{-1}\text{)} = [\text{COT ou NT}] \times \text{Ds} \times \text{E}$$

Onde:

[COT ou NT] = dos teores totais de C orgânico ou N do solo em dag kg<sup>-1</sup>;

Ds = Densidade do solo em g cm<sup>-3</sup>;

E = espessura da camada considerada em cm.

As frações de C oxidável foram obtidas mediante utilização diferentes volumes de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conforme o método adaptado por Chan *et al.* (2001). A quantificação dos teores de C orgânico foi realizada a oxidação com ácido sulfúrico na presença do dicromato de potássio sem aquecimento externo. As

doses utilizadas para oxidação do material foram: 2,5; 5,0, e 10 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, as quais corresponderam às concentrações de 3, 6 e 9 mol  $\text{L}^{-1}$ , respectivamente, mantendo-se constante a concentração de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  em 0,167 mol  $\text{L}^{-1}$  (10 mL). Os teores de C orgânico presente nas amostras foram determinados utilizando as diferentes doses de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  permitindo a separação de diferentes frações de C com diferentes graus de labilidade:

- ✓ Fração 1 (3 mol  $\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): carbono orgânico oxidado com de 3 mol  $\text{L}^{-1}$ .
- ✓ Fração 2 (6 mol  $\text{L}^{-1}$  – 3 mol  $\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): diferença do carbono orgânico oxidável extraído entre 6 e 3 mol  $\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- ✓ Fração 3 (9 mol  $\text{L}^{-1}$  – 6 mol  $\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): diferença do carbono oxidável extraído entre 9 e 6 mol  $\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- ✓ Fração 4 (COT – 9 mol  $\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): diferença entre o carbono orgânico total e o carbono extraído com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  9 mol  $\text{L}^{-1}$ .

O C orgânico recuperado na Fração 1 foi considerado de maior labilidade e poderá ser um bom indicador das mudanças nos teores de matéria orgânica do solo em função do manejo. Por outro lado, as frações 3 e 4 representaram o C orgânico de baixa biodisponibilidade (XAVIER *et al.*, 2009).

O fracionamento químico das substâncias húmicas das camadas 0-10 e 10-20, foi realizada segundo a técnica da solubilidade diferencial, em meio ácido ou alcalino das frações correspondentes, separando-se as frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HUM), de acordo com os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996). Para isto, adicionou-se 10 mL NaOH 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  em 1 g de solo por amostra, agitou-se por uma hora com auxílio de um agitador horizontal, seguido de repouso por 12 h. Ao término do repouso, as amostras foram centrifugadas a 3.000 g por 20 minutos, sendo repetido este procedimento por mais duas vezes. Separou-se o extrato alcalino do resíduo, considerado como fração HUM. O extrato alcalino teve o pH ajustado para 2,0 utilizando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20% e em seguida as amostras ficaram em repouso por duas horas. Posteriormente foi feita uma centrifugação à 3.000 g por 15 minutos para separação das frações AF e AH. Os teores de C nas diferentes frações foram obtidos por oxidação da matéria orgânica via úmida na presença de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  em meio sulfúrico mediante as seguintes concentrações: 0,033 mol  $\text{L}^{-1}$  para as frações AF e AH, e 0,167 mol  $\text{L}^{-1}$  para a fração HUM (YEOMANS;

BREMNER, 1988). Na quantificação do C utilizaram-se alíquotas de 5 e 10 mL das frações AH e AF, respectivamente, e 0,5 g da fração HUM.

A quantificação do N nas frações húmicas foi realizada conforme a metodologia utilizada para determinação do nitrogênio total do solo. Utilizaram-se alíquotas de 10 e 20 ml para as frações AH e AF, respectivamente, e 0,5 g da fração HUM.

A obtenção da matéria orgânica leve (MOL) foi realizada por meio do fracionamento densimétrico utilizando NaI com densidade ajustada para 1,8 g cm<sup>-3</sup> de acordo com os procedimentos adaptados de Sohi *et al.* (2001). Pesou-se 6,5 g de solo TFSA em tubos de centrifuga e em seguida adicionou-se 30 mL da solução de NaI. As amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 mim. Logo após foi feita a filtragem a vácuo do sobrenadante utilizando um cadinho com papel filtro. O excesso de NaI no papel de filtro foi retirado utilizando água destilada. O material orgânico que ficou retido no papel de filtro foi seco em estufa a 60°C por 72 h, sendo considerado como a MOL do solo. Após a secagem o conteúdo da MOL foi obtido por diferença. A extração e quantificação da FL foram feitas em duplicatas.

A obtenção da matéria orgânica particulada (MOP) seguiu a metodologia do fracionamento granulométrico (ROSCOE; MACHADO, 2002). Para tal, pesou-se 10 g de solo em tubos de centrifuga e adicionou-se 30 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>), seguido de agitação vertical durante 12 horas. Em seguida, o material foi passado em peneira de 0,053 mm utilizando água destilada para lavagem. O material que ficou retido na peneira (fração areia + matéria orgânica não complexada) corresponde à MOP (ROSCOE; MACHADO, 2002). Após a extração, a MOP foi seca em estufa a 65°C, em seguida, feita a quantificação do C e N pelos métodos do COT e NT conforme YEOMANS; BREMNER (1988) e Tedesco *et al.* (1995), respectivamente. Os teores de C orgânico associado aos minerais silte+argila (COAm) foram obtidos por diferença entre os teores de COT e C-MOP.

O delineamento experimental usado foi em faixas, inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), feitas comparações de media pelo teste Tukey a 5% de significância com auxílio do programa estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teores e estoques totais de C e N do solo

Não houve efeito significativo das diferentes coberturas vegetais nos teores de COT do solo na profundidade de 0-10 cm (Figura 1), sugerindo a baixa taxa de transformação dos resíduos vegetais em matéria orgânica do solo neste ambiente. Estes resultados sugerem ainda que o efeito do uso de coberturas vegetais nos teores totais de C orgânico do solo em superfície ocorra de médio a longo prazo, o que necessitariam de novos cultivos.

Os teores totais de C orgânico e N do solo (Figura 1 e 2) demonstraram que os tratamentos estudados apresentaram comportamento semelhante na quantificação dos teores destes elementos no solo, tendo em vista a não significância estatística entre algumas variáveis analisadas.

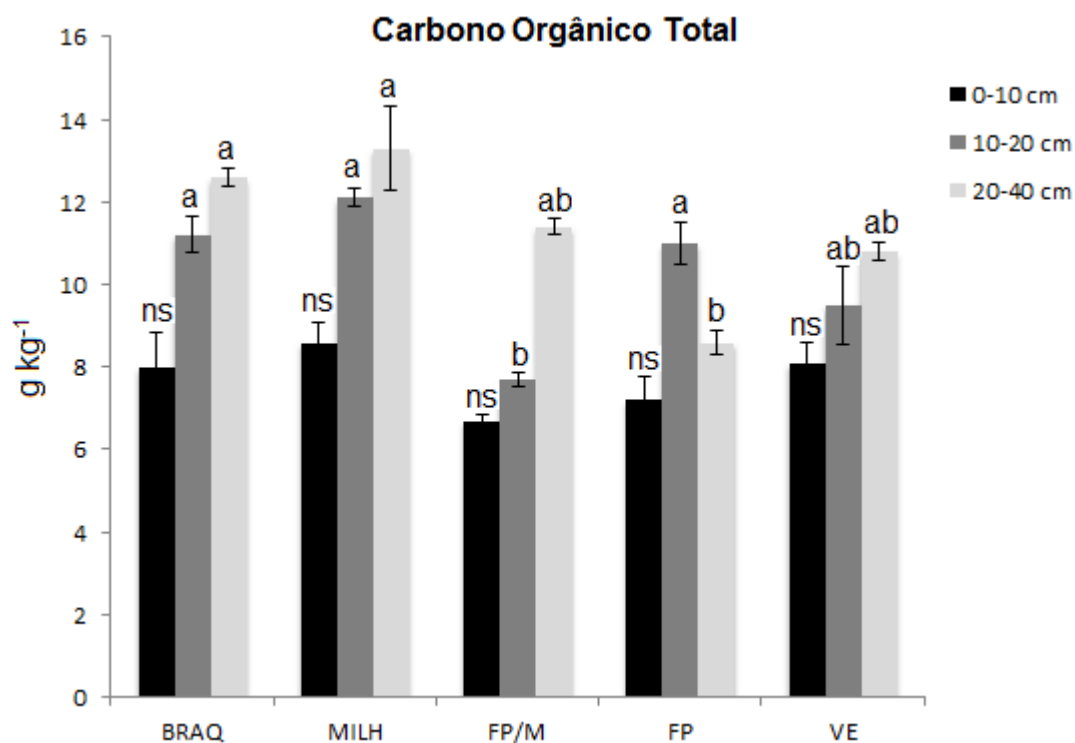


Figura 1 - Teores totais de carbono orgânico do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; MILH: milho; VE: vegetação espontânea. Médias seguidas de mesma letra, em cada profundidade separadamente, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5%. ns: diferença não significativa.

As gramíneas solteiras BRAQ e MILH apresentaram teores de COT de 31,8 e 34 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, diferenciando estatisticamente somente da mistura FP/M na camada de 10-20 cm e do tratamento FP na camada de 20-40 cm. Nas duas primeiras camadas do solo a mistura de FP/M foi o tratamento que proporcionou a menor média de COT, não diferenciando estatisticamente do tratamento VE na segunda camada. Bressan *et al.* (2013) verificaram que a braquiária como cobertura do solo proporcionou aumentos nos teores de COT do solo quando comparado com o milho e Cerrado Nativo nas profundidades de 0-10; 10- 20 e 20-40 cm. Os autores constataram que o teor de COT do solo foi maior na camada superficial. Atribuiu-se a esta diferenciação o manejo com plantio direto que faz grande deposição de material vegetal na superfície do solo. Bayer *et al.* (2003) verificaram que a mistura de Milho+Mucuna cinza como cobertura proporcionou o maior teor de COT no solo.

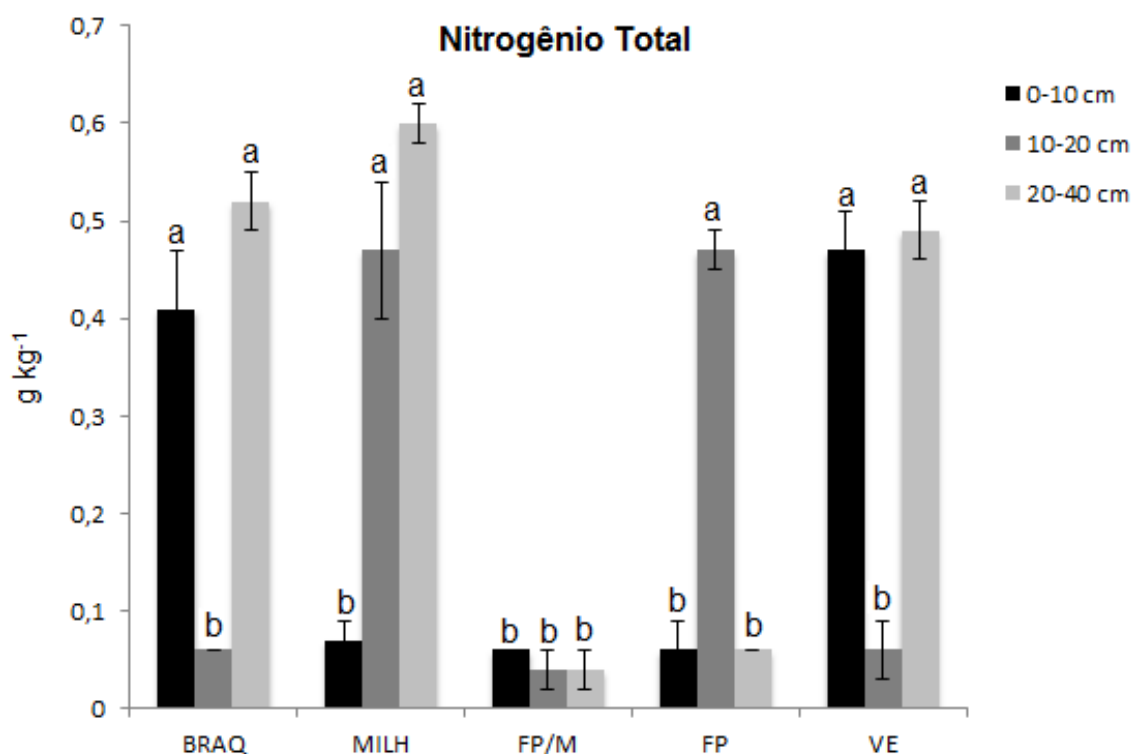


Figura 2 - Teores de Nitrogênio Total do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milho; MILH: milho; VE: vegetação espontânea.

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, em cada profundidade separadamente, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5%. ns: diferença não significativa;

Os teores de NT do solo nos tratamentos BRAQ e VE diferenciaram significativamente dos demais tratamentos na camada de 0-10 cm. O tratamento FP/M foi o que proporcionou menor teor de N no solo. O tratamento com FP proporcionou baixa acumulação de N na primeira e última camada. A BRAQ e VE se sobressaíram da mistura FP/M e do FP que é uma leguminosa e possui a capacidade fixar biologicamente o  $N_2$  atmosférico e fazer a simbiose junto à bactéria fixadora de nitrogênio (RUFINI *et al.*, 2011). Estes resultados corroboram aos encontrados por Bayer *et al.* (2003), que estudando plantas estivais como cobertura de solo, constataram que o uso solteiro de milho resultou em maior incremento de N ao solo quando comparado à consorciação com leguminosas, como feijão-de-porco, mucuna cinza e soja preta.

Os tratamentos MILH e FP apresentaram-se como melhores coberturas vegetais no acúmulo de NT na segunda camada do solo (Figura 2). O teor de NT no tratamento milheto aumentou junto com a profundidade. Uma possível explicação para este resultado pode estar relacionado ao sistema radicular das plantas que com o aumento das profundidades elevou a acumulação da MO do solo. O tratamento FP na camada de 10-20 cm proporcionou de cerca de 91% mais NT do solo em comparação ao FP/M. Nesta camada do solo o FP junto com o milheto foram os tratamentos que se destacaram na acumulação do NT no solo, adicionando ao cerca de  $0,47 \text{ g kg}^{-1}$  cada um.

Entretanto o milheto apresentou seus menores valores de média nas duas últimas camadas, sendo inversamente proporcionais aos encontrados no COT e NT, tais resultados vistos nas duas últimas camadas corroboram para um maior equilíbrio da entre a mineralização e imobilização.

### **Estoques de Carbono orgânico e Nitrogênio no solo**

Os estoques de COT no solo variaram de  $3,98$  a  $5,44 \text{ Mg ha}^{-1}$ , enquanto o estoque do NT do solo tiveram uma acumulação de  $0,03$  a  $0,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Tabela 2). Os maiores estoques de COT e NT ocorreram na camada de 20-40 cm, resultados que estão relacionados com a maior espessura da camada de solo considerada no cálculo dos estoques totais.

Tabela 2 – Estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real-BA

Prof. (cm)	BRAQ	MILH	FP/M	FP	VE
<b>Estoque de Carbono (Mg. ha<sup>-1</sup>)</b>					
0-10	1,22 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>
10-20	1,88 <sup>ab</sup>	1,93 <sup>a</sup>	1,29 <sup>b</sup>	1,83 <sup>ab</sup>	1,61 <sup>ab</sup>
20-40	2,03 <sup>a</sup>	2,26 <sup>a</sup>	1,74 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>b</sup>	1,80 <sup>ab</sup>
0-40	5,13 <sup>ns</sup>	5,44 <sup>ns</sup>	3,98 <sup>ns</sup>	4,34 <sup>ns</sup>	4,64 <sup>ns</sup>
<b>Estoque de Nitrogênio (Mg. ha<sup>-1</sup>)</b>					
0-10	0,06 <sup>a</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>
10-20	0,01 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,01 <sup>b</sup>
20-40	0,17 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,01 <sup>c</sup>	0,02 <sup>c</sup>	0,16 <sup>b</sup>
0-40	0,24 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; MILH: milheto; VE: vegetação espontânea. Médias seguidas de mesma letra nas linhas, em cada profundidade separadamente, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5%. ns: diferença não significativa.

A adição de resíduos orgânicos no solo pelas plantas de coberturas foi insuficiente para que houvesse um aumento expressivo do estoque do C no solo. A baixa produção de fitomassa produzida pelas coberturas vegetais, em resposta a um período de estiagem ocorrido durante o experimento, pode ter contribuído com essa resposta. As coberturas mais resistentes ao déficit hídrico e com maior relação C/N, com é o caso das gramíneas, contribuíram no armazenamento do C no solo com cerca de 5,13 e 5,44 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 2), diferenciando-se ( $P < 0,05$ ) do tratamento FP/M somente na camada de 10-20 cm e do feijão de porco na camada de 20-40 cm.

Já a mistura FP/M não diferenciou estatisticamente do milheto na primeira e última camada do solo, isto demonstra que a mistura a 50% é capaz de armazenar C no solo semelhante ao milheto solteiro, que comumente é conhecido por aumentar os estoques de C no solo. O tratamento FP/M apresentou o valor inferior ao encontrado na vegetação espontânea e feijão-de-porco que armazenaram, em média, 1,55 e 1,45 Mg C ha<sup>-1</sup> no solo.

A variação entre estoques de C se deu principalmente entre as profundidades, sendo que na primeira não se observou diferença significativa entre os tratamentos estudados. Na camada subsequente houve diferença significativa somente entre o milheto e a mistura FP/M, sendo que o milheto



contribuiu com cerca de  $0,64 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C no solo a mais que o tratamento FP/M. Os maiores estoques de C encontrados nas duas últimas camadas, é resultado da interação da matéria orgânica com a fração mineral do solo (PULROLNIK *et al.*, 2009), com isso a camada superior de textura arenosa possui menor capacidade de armazenar o C presente no solo, possuindo as camadas inferiores maior teor de argila com sua composição, com uma maior quantidade de agregados que fazem a proteção física da matéria orgânica do solo, e assim um maior estoque do C atmosférico.

Os resultados de estoques de N mostram que houve baixo acúmulo deste elemento no solo, mesmo naqueles tratamentos constituídos com leguminosa, conhecida por fixar o  $\text{N}_2$  atmosférico.

O armazenamento do N total no solo ocorre de forma lenta. Por isso, para a observação do impacto de práticas de manejo, como a utilização de sistemas de culturas, sobre a disponibilidade e acúmulo de N no solo são necessários experimentos de longa duração (WEBER; MIELNICZUK, 2009). O curto período de tempo de cultivo das plantas de cobertura justifica os baixos estoques de N no solo, seguindo a mesma tendência encontrada para os estoques de COT do solo. O tratamento MILH armazenou no solo cerca de  $0,29 \text{ Mg N ha}^{-1}$  (0-40cm). O tratamento FP/M foi o que menos estocou nitrogênio no solo (Tabela 2). O tratamento FP resultou em baixo acúmulo no estoque do elemento no solo, apresentando o maior valor na camada de 10-20 cm. A vegetação espontânea constitui-se uma boa cobertura vegetal na estocagem do N do solo, destacando-se nas camadas de 0-10 cm e 20-40 cm como uma das coberturas de maior aporte de N para o solo. Este resultado pode estar relacionado ao equilíbrio das plantas de ciclo fotossintético C3 e C4 presente no tratamento (LOSS *et al.*, 2011). A VE contribuiu com o solo na acumulação do nitrogênio com cerca de  $0,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  do nutriente.

## **Compartimentos da matéria orgânica no solo**

### **Matéria Orgânica Leve do solo**

A matéria orgânica leve (MOL) é formada a partir da ação decompositora da biota do solo sobre resíduos vegetais e animais contidos no solo, além de ações antrópicas como a queima de resíduos vegetais que formam carbono

pirogênico. Este compartimento pode ser considerado um indicador da eficiência do manejo agrícola do solo, uma vez que responde mais rapidamente às práticas agrícolas em relação à análise dos teores de C orgânico total do solo (MARIN *et al.*, 2006; XAVIER *et al.*, 2006).

Os conteúdos de MOL variaram de 2,65 a 15,20 g MOL kg<sup>-1</sup> de solo (Figura 3). Entre os tratamentos estudados, observou-se que os tratamentos FP e BRAQ favoreceram o maior acúmulo de MOL em relação aos demais (Figura 1). O tratamento VE foi o que menos contribuiu com o acúmulo da MOL do solo. Estes resultados divergem-se aos obtidos por Pereira *et al.* (2010), onde encontraram maiores teores de MOL utilizando o consórcio de braquiária com as culturas principais de milho e soja em sistema de plantio direto, quando comparado a outras coberturas como milheto e crotalária (*Crotalaria juncea*).

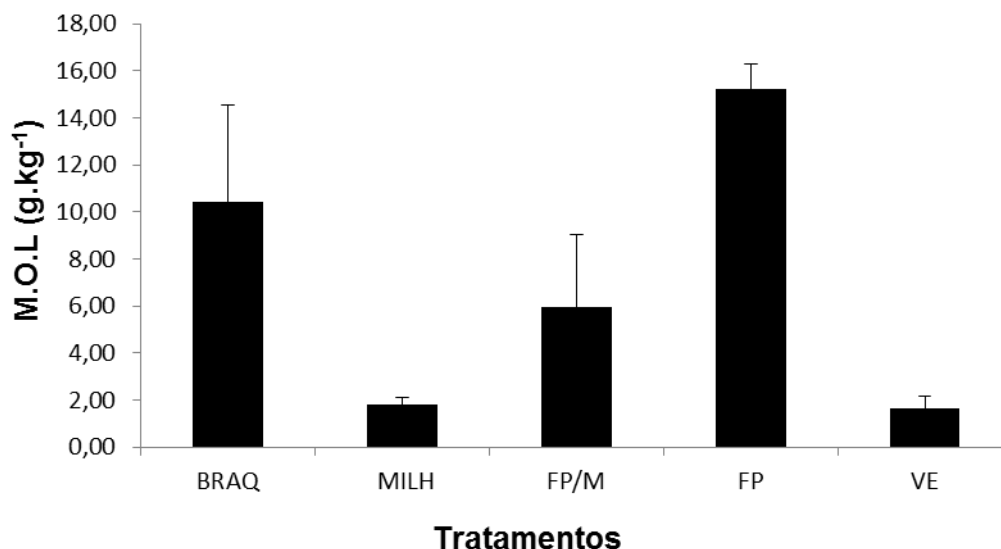


Figura 3 - Matéria orgânica leve do solo na camada de 0-10 cm em função do cultivo de diferentes coberturas vegetais; BRAQ: braquiária; FP: feijão-deporco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; MILH: milheto; VE: vegetação espontânea.

O manejo agrícola e o desenvolvimento do sistema radicular das culturas influenciam na degradação ou preservação da MOL do solo. Loss *et al.* (2011) verificaram que o sistema integração lavoura-pecuária se igualou ao Cerradão no aporte de MOL na camada de 5-10 cm. Os autores atribuíram este fato ao maior aporte de raízes e renovação do sistema radicular do sistema integração lavoura-pecuária. A resposta do maior conteúdo de MOL relacionada com a cobertura FP pode estar associada à arquitetura do sistema radicular, por ser rústico e com alta produção biomassa de raiz, o que contribui para o

fornecimento de MOL para o solo. A braquiária também conhecida pelo seu grande volume de raízes, distribuídas nas diferentes camadas do solo, e pelo seu sistema radicular fasciculado, mostrou-se como uma das melhores coberturas no acúmulo de MOL no solo. A vegetação espontânea e o milheto tiveram os menores valores médios de 1,65 e 1,81 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente no teor da MOL.

O tratamento FP/M proporcionou acúmulo de cerca 4,16 mg kg<sup>-1</sup> de MOL maior que o tratamento MILH (Figura 3), isso mostra que o uso consorciado do feijão-de-porco/milheto favorece mais a acumulação de MOL em relação ao tratamento de MILH solteiro. A diferença entre os tratamentos pode estar relacionada ao feijão-de-porco que pode estar influenciando o aumento da produção de MOL com seu sistema radicular.

### **Frações de C orgânico oxidáveis**

O fracionamento do C orgânico do solo utilizando diferentes graus de oxidação é uma ferramenta interessante para identificar o grau de labilidade do C orgânico do solo. Permite separar frações lábeis e não-lábeis da matéria orgânica, dando noção de qualidade do C orgânico aportado ao solo (CHAN *et al.*, 2001).

A relação do carbono oxidável na F2 diverge a da F1, o tratamento que apresentou a maior labilidade média nesta fração foi à cobertura composta por a mistura a 50% de FP/M com valor médio de 1,71 g kg<sup>-1</sup>, sendo a cobertura de feijão-de-porco de menor valor médio de 0,93 g kg<sup>-1</sup> nesta fração (Tabela 3). Na soma das duas frações mais lábeis F1 e F2 o tratamento com milheto que apresentou os maiores valores de labilidade nas três profundidades estudadas, com uma média de 4,42 g kg<sup>-1</sup>, sendo o tratamento que mais contribuiu na disponibilidade de nutriente.

Pelo grau de oxidação de cada fração, considerou-se neste estudo os teores de C orgânico na F1 como sendo o C lábil (C<sub>L</sub>) e o somatório dos teores de C nas frações F3+F4 como C não lábil (C<sub>NL</sub>). Os teores de C<sub>L</sub> foram mais sensivelmente modificados em função do cultivo das plantas de cobertura em relação ao COT, sugerindo ser um índice importante para avaliar mudanças na

matéria orgânica do solo em função da adoção de diferentes sistemas de cultivo.

Tabela 3 – Teores de carbono orgânico em frações de diferentes graus de labilidade nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em pomar de laranja 'Pera', Rio Real-BA

TRAT	F1	F2	F3	F4	COT	C <sub>L</sub>	C <sub>NL</sub>	CL/COT	CL/CNL
----- g kg <sup>-1</sup> -----									
<b>0-10 cm</b>									
BRAQ	3,03 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	7,97	3,03	2,80	0,38	1,08
MILH	4,14 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	8,58	4,14	2,94	0,48	1,41
FP/M	2,47 <sup>ns</sup>	2,33 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	6,75	2,47	1,95	0,37	1,26
FP	3,90 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	7,24	3,90	2,35	0,54	1,66
VE	2,77 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	2,40 <sup>ns</sup>	8,08	2,77	3,10	0,34	0,89
<b>10-20 cm</b>									
BRAQ	3,90 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ab</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	4,30 <sup>ns</sup>	11,22	3,90	6,15	0,35	0,63
MILH	4,51 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ab</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	5,38 <sup>ns</sup>	12,05	4,51	6,16	0,37	0,73
FP/M	2,63 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>a</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>	7,73	2,63	2,79	0,34	0,94
FP	3,67 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>b</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	4,38 <sup>ns</sup>	11,04	3,67	6,83	0,33	0,54
VE	3,40 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ab</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	3,52 <sup>ns</sup>	9,48	3,40	4,68	0,36	0,73
<b>20-40 cm</b>									
BRAQ	3,30 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	7,25 <sup>a</sup>	12,60	3,30	7,80	0,26	0,42
MILH	4,60 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	7,14 <sup>a</sup>	13,34	4,60	7,54	0,34	0,61
FP/M	3,85 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ab</sup>	10,40	3,85	6,19	0,37	0,62
FP	4,40 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	2,54 <sup>b</sup>	8,56	4,40	2,79	0,51	1,58
VE	3,53 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	5,56 <sup>ab</sup>	10,76	3,53	6,10	0,33	0,58

BRAQ: braquiária; MILH: milheto; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; FP: feijão-de-porco; VE: vegetação espontânea. Médias seguidas de mesma letra na coluna, em cada fração e profundidade separadamente, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%; ns: não significativo; COT: carbono orgânico total; C<sub>L</sub>: carbono lábil; C<sub>NL</sub>: carbono não-lábil.

A F3 é considerada como uma das frações de menor labilidade (CHAN *et al.*, 2001), os dados demonstram que cerca de 62% do carbono orgânico do solo encontram-se na forma mais estável (Tabela 3). Nota-se que na F3 não houve diferenças significativas entre as coberturas em nenhuma das profundidades. Também verificado por Loss *et al.* (2009a), a F3 foi a fração que apresentou menores valores no teor de carbono oxidável. Loss *et al.* (2010) verificaram que as frações F1 e F4 foram as que mais contribuíram com o COT do solo. Atribui-se a estes resultados, o maior aporte de palha e permanência da mesma no sistema de plantio direto (SPD) que apresenta tanto matéria orgânica de maior labilidade no solo (F1) quanto matéria orgânica mais recalcitrante (F4).

Na soma das frações estáveis F3 e F4, o tratamento BRAQ apresentou maior proporção de C estável na primeira e última camadas do solo, sendo a cobertura vegetal que apresentou a maior média das três profundidades

estudadas, com cerca de  $5,58 \text{ g kg}^{-1}$ , correspondendo cerca de 52,64% do COT. Este resultado corrobora ao encontrado por Loss *et al.* (2013), onde verificaram maior contribuição do COT nas F3 e F4. Os autores atribuíram a tal resultado o acúmulo de compostos orgânicos mais aromáticos e estáveis com alto peso molecular, obtidos pela decomposição e humificação da MOS oriunda de uma gramínea (*Cynodon spp*). Loss *et al.* (2010) comenta que seria desejável um balanço nos teores de carbono nas quatro frações, para que haja um equilíbrio entre as funções disponibilidade de nutrientes e estruturação do solo (F1 e F2) e proteção física e química (F3 e F4) que estas frações desempenham no solo (LOSS *et al.* 2010).

A relação  $C_L/COT$  mostra a contribuição das frações F1 e F2 no teor de carbono orgânico total do solo. Entre os tratamentos avaliados, verificou-se que o FP foi a cobertura que proporcionou frações de C com maior labilidade na primeira e última camadas do solo, correspondendo cerca de 54% e 51% do carbono orgânico total, respectivamente. No tratamento MILH os teores de  $C_L$  representaram cerca de 40% do COT nas três profundidades estudadas, este resultado demonstra estar havendo estabilização da matéria orgânica, e aumentando a permanência do carbono orgânico no solo.

Os valores conferidos pela relação  $C_L/C_{NL}$  (Tabela 3) mostram maior labilidade dos teores de carbono na primeira camada do solo. Visto por Loss *et al.* (2014) que valores da relação F1/F4 mais próximos a 1 (um) indicam melhor distribuição dos teores de carbono entre a fração mais lábil (F1) e mais recalcitrante (F4) no solo. Nas profundidades 10-20 e 20-40 cm nota-se maior contribuição com as frações mais estáveis da matéria orgânica do solo.

### **Matéria orgânica Particulada**

A matéria orgânica particulada (MOP) é tida como uma das frações de maior labilidade da matéria orgânica do solo, sendo ela constituída de fragmentos resultante da decomposição de animais e vegetais pela ação microbiana. A MOP é considerada como um eficiente indicador da qualidade manejo aplicado no solo por sua sensibilidade a mudanças ocorridas a curtos prazos (BAYER *et al.*, 2002; ROSSI *et al.*, 2012).

Os teores de C-MOP variaram de 0,87 a 1,26 g kg<sup>-1</sup> e representou, em média, 11% do COT. Em superfície, a cobertura MILH foi o tratamento que apresentou maior teor de C-MOP em relação aos demais, com exceção ao tratamento VE. O percentual do C-MOP em relação ao COT nos tratamentos MILH e VE foi de 15 e 14%, respectivamente, acima da média dos demais tratamentos. Na camada de 10-20 cm os maiores teores de C-MOP ocorreram nos tratamentos BRAQ, MILH e FP/M.

Tabela 4 - Carbono e nitrogênio particulado do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em pomar de laranja "Pera", Rio Real-BA

Prof. (cm)	BRAQ	MILH	FP/M	FP	VE
<b>g C-MOP kg<sup>-1</sup> solo</b>					
0-10	0,95 <sup>bc</sup>	1,26 <sup>a</sup>	0,82 <sup>c</sup>	0,90 <sup>c</sup>	1,10 <sup>ab</sup>
10-20	1,17 <sup>a</sup>	1,05 <sup>ab</sup>	1,02 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>b</sup>	0,93 <sup>b</sup>
Prof. (cm)	BRAQ	MILH	FP/M	FP	VE
<b>g N-MOP kg<sup>-1</sup> solo</b>					
0-10	0,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
10-20	0,05 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; MILH: milheto; VN: vegetação espontânea. Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.ns: não significativo.

O tratamento FP/M foi a cobertura que proporcionou o menor teor de C-MOP na profundidade de 0-10 cm, sendo inferior até mesmo ao tratamento FP, que possui rápida degradação do seu tecido vegetal devido sua baixa relação C/N (Capítulo 1). Dessa forma a consorciação entre a gramínea/leguminosa no presente estudo não se apresentou como uma boa alternativa para a acumulação do C-MOP em superfície.

Na profundidade de 10-20 cm a cobertura que apresentou o melhor desempenho na acumulação média de carbono orgânico particulado foi o tratamento com braquiária, a mesma não diferenciou estatisticamente do milheto e da mistura a 50% nesta camada. Também encontrado por Schiavo *et al.* (2011), em seu estudo utilizando braquiária como cobertura vegetal do solo, tais autores verificaram que esta cobertura foi a que apresentou o melhor resultado de C-MOP, não diferenciando da vegetação espontânea do Cerrado na camada de 10-20 cm. Mostrando assim mais uma vez a eficiência do

sistema radicular das gramíneas no aporte de C-MOP no solo e consequentemente o aumento do carbono total.

Quanto aos teores de N-MOP não houve diferença estatística entre os tratamentos na primeira camada do solo. Na profundidade de 10-20 cm o FP foi à cobertura que mostrou-se estatisticamente superior aos outros tratamentos. O resultado encontrado na primeira camada do solo pode estar relacionado à rápida mineralização do nitrogênio da MOP pelos microrganismos na presente camada que possui textura arenosa, aumentando a mineralização (Luca *et al.*, 2008).

A baixa deposição de materiais orgânicos provenientes de resíduos vegetais (parte aérea) é um dos principais limitantes para o aumento do N-MOP no solo. Cambardella e Elliott (1992) observaram que o sistema de plantio direto proporcionou alto acúmulo de N-MOP quando comparado a sistemas de convencional e ao pousio.

Na profundidade de 10-20 cm do solo os teores de N-MOP foram menores em relação à superfície em praticamente todos os tratamentos, com exceção daquele que utilizou feijão-de-porco, o qual apresentou maior teor em relação aos demais tratamentos. O aumento de N-MOP no tratamento FP pode estar relacionado ao maior acúmulo de N nos tecidos vegetais desta espécie, originando a MOP mais rica neste elemento.

### **Substâncias húmicas do solo**

Os teores de C nas frações húmicas estão apresentados na Tabela 5. De modo geral, observou-se que, independente dos tratamentos, os teores de C foram maiores na fração humina (HUM), seguida da fração ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF). Tais resultados corroboram com outros estudos realizados em solos tropicais e de textura arenosa (XAVIER *et al.*, 2009). A predominância da fração HUM está associada à sua alta estabilidade estrutural e baixa solubilidade em relação às demais frações (ROSSI *et al.*, 2011). Sendo proveniente da rápida mineralização da matéria orgânica do solo por se tratar de um solo tropical que apresenta baixa fertilidade natural e textura arenosa, onde a maior parte do COT é convertido na fração húmica (LOSS *et al.*, 2006).

Tabela 5 - Teores de carbono e nitrogênio nas frações ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HUM) extraídas das camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo, em pomar de laranja "Pera", Rio Real-BA

TRAT	Frações húmicas g kg <sup>-1</sup>			AF/AH	AF+AH	AF+AH /HUM	AF+AH +HUM
	AF	AH	HUM				
<b>Carbono g. kg<sup>-1</sup></b>							
<b>0-10 cm</b>							
BRAQ	1,20 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	5,40 <sup>ns</sup>	0,38	4,40	0,81	9,80
MILH	0,90 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	6,00 <sup>ns</sup>	0,27	4,20	0,70	10,20
FP/M	0,90 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	6,10 <sup>ns</sup>	0,27	4,20	0,70	10,30
FP	1,40 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	0,61	3,70	0,74	08,70
VE	1,00 <sup>ns</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	6,30 <sup>ns</sup>	0,34	4,20	0,66	10,50
<b>10-20 cm</b>							
BRAQ	1,60 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	8,40 <sup>ns</sup>	0,70	3,90	0,46	12,30
MILH	1,80 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	9,10 <sup>ns</sup>	1,13	3,40	0,37	12,50
FP/M	1,20 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	6,40 <sup>ns</sup>	1,20	2,20	0,34	8,60
FP	2,20 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	4,20 <sup>ns</sup>	1,47	3,70	0,88	7,90
VE	1,20 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	4,00 <sup>ns</sup>	0,86	2,60	0,65	6,60
<b>Nitrogênio g. kg<sup>-1</sup></b>							
<b>0-10 cm</b>							
BRAQ	0,20 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	3,10 <sup>ns</sup>	0,67	0,50	0,16	3,60
MILH	0,20 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	2,90 <sup>ns</sup>	0,50	0,60	0,21	3,50
FP/M	0,20 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	0,67	0,50	0,28	2,30
FP	0,10 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	0,33	0,40	0,23	2,10
VE	0,10 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	4,60 <sup>ns</sup>	0,25	0,50	0,11	5,10
<b>10-20 cm</b>							
BRAQ	0,30 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	3,40 <sup>ns</sup>	1,00	0,60	0,18	4,00
MILH	0,30 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	2,90 <sup>ns</sup>	0,75	0,70	0,24	3,60
FP/M	0,20 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	1,00	0,40	0,14	3,20
FP	0,20 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>	1,00	0,40	0,15	2,70
VE	0,20 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	0,40	0,70	0,22	3,90

BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP/M: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; MILH: milheto; VN: vegetação espontânea.

ns\_ Não significativo pelo teste de Tukey a 5%;

Os teores de C na fração AF (C-AF) na camada de 0-10 cm não diferiram significativamente entre os tratamentos. O tratamento BRAQ, mesmo não diferenciando significativamente dos demais tratamentos, é uma cobertura que mais contribuiu com as substâncias húmicas do solo. Pinheiro *et al.* (2003) verificaram que, em estudo utilizando Braquiária sob diferentes manejos do solo, a influência desta espécie sobre as substâncias húmicas pode ser decorrente do denso sistema radicular, que em contato com as partículas



minerais promove aumento na qualidade e quantidade da matéria orgânica adicionada ao solo.

Houve um aumento substancial dos teores de C-AF da camada de 0-10 cm para 10-20 cm (Tabela 5). Esse resultado demonstra que a fração AF possui mobilidade no perfil do solo em função do seu tipo de estrutura. Esse comportamento está de acordo com outros estudos (FONTANA *et al.*, 2006), que destacam que a maior mobilidade da fração AF ocorre em função do seu menor grau de humificação em relação às demais.

Os teores de C na fração AH (C-AH) na camada de 0-10 cm não tiveram diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 5). O menor valor ocorreu no tratamento FP, contrário ao comportamento verificado para a fração AF. Os teores de C-AH diminuíram com o aumento da profundidade. Na camada de 10-20 cm o maior valor de C-AH foi observado no tratamento BRAQ seguido de MILH, enquanto o tratamento FP/M apresentou o menor valor desta fração húmica. Verificou-se também na profundidade de 0-10 cm que o C-AH apresentou valores mais elevados em seus teores quando comparados aos encontrados na fração AF.

Os teores de C na fração HUM (C-HUM) variaram de 5,00 a 6,30 g kg<sup>-1</sup> na primeira profundidade do solo e foram superiores em relação às demais frações húmicas. Araújo *et al.* (2007) também verificaram maiores teores de carbono na fração HUM em relação às frações AF e AH, confirmando aos resultados deste estudo. Os tratamentos VE, FP/M e MILH foram os que apresentaram maiores teores de C-HUM na camada de 0-10 cm, na segunda camada do solo, os três tratamentos compostos por gramíneas obtiveram os melhores valores da C-HUM, o que suporta a hipótese de que o sistema radicular das gramíneas está favorecendo a formação de moléculas orgânicas mais humificadas em relação à leguminosa (FP) e/ou à vegetação espontânea. Houve um aumento dos teores de C-HUM com o aumento da profundidade, com exceção dos tratamentos FP e VE que tiveram uma redução no seu teor.

O índice de humificação das frações húmicas pode ser representado pela relação AF/AH (Tabela 5). Valores maiores que 1 indicam menor grau de humificação e evolução da matéria orgânica do solo. Na camada de 0-10 cm o índice AF/AH foi maior nos tratamentos FP e MILH solteiros, indicando o menor grau de humificação da matéria orgânica do solo. Na camada de 10-20 cm o

aumento de C-AF levou o aumento do índice AF/AH, sugerindo o menor grau de evolução das substâncias húmicas em subsuperfície. O tratamento FP seguido da mistura de FP/M apresentam os maiores índices AF/AH na profundidade de 10-20 cm, sugerindo que a combinação entre gramíneas e leguminosas também favorecem o surgimento de fração húmica menos estabilizada. A implicação prática de tal constatação é que AFs possuem maior capacidade de troca de cátions em relação aos AHs, o que significa maior potencial para ciclagem de nutrientes no solo. Esse efeito pode estar atribuído ao sistema radicular do milheto, que tem contribuído para a formação da fração AF. O índice AF+AH/HUM indica a direção do processo de humificação. Os valores menores que 1 em todos os tratamentos da primeira camada do solo sugerem a transformação das frações húmicas no sentido AF > HUM, indicando a predominância da fração HUM. Esta é uma característica comum aos solos tropicais, onde os processos de mineralização ocorrem mais intensamente. Nas duas gramíneas solteiras na profundidade de 10-20 cm esta relação se inverteu, sendo que os tratamentos apresentaram em seu índice de AF+AH/HUM um valor superior a 1. Sugerindo que na BRAQ e MILH nesta camada houve uma predominância de ácidos menos estáveis AF e AH, podendo estar relacionado ao seu sistema radicular e a perda destas frações para as camadas inferiores.

Em relação ao N das frações orgânicas do solo, verifica-se que a humina (HUM) foi a fração que mais contribuiu com o nitrogênio total do solo nas duas profundidades estudadas, sendo seguido do ácido húmico, e ácido fúlvico (AF) (MAIA, *et al.*, 2008; LOSS *et al.*, 2009b). Comportamento semelhante também foi visto por Souza e Melo (2000), que contrariamente a esse estudo verificou os maiores teores de nitrogênio na fração humina, fúlvica e húmica respectivamente. Como resposta para estes resultados encontrados pelos autores, estar a frequente deposição de matérias vegetais na área com sistemas de plantio direto e um sistema convencional com frequentes cultivos, fazendo aportes de matéria orgânica no solo, auxiliando numa ação microbiana para mineralização matéria orgânica do solo favorecendo a formação de ácidos mais solúveis. Na fração fúlvica a de menor estabilidade, nota-se que não houve uma diferença significativa entre os tratamentos, sendo as coberturas

constituídas por gramíneas as que apresentaram os maiores valores de médias nas duas profundidades com exceção da mistura FP/M na segunda camada.

Na fração de ácido húmico as coberturas vegetais não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, a vegetação espontânea foi a que apresentou os maiores valores nas duas profundidades. Os resultados da N-HUM mostram que estar havendo uma estabilização da matéria orgânica do solo, seja pela redução na ação microbiana na mineralização do nitrogênio, ou pela proteção física dos coloides do solo na segunda camada. Os teores do N da fração húmica corresponderam maior parte do nitrogênio total, apresentando uma grande variação entre os tratamentos e profundidades. Verifica-se que os tratamentos VE e BRAQ apresentaram os melhores teores de N nesta fração, o tratamento feijão-de-porco apresentou baixos resultados nas duas profundidades. Isto pode estar relacionado à sua baixa relação C/N que contribui para a rápida degradação de seu material vegetal, reduzindo a humificação desse material.

Conforme visto na relação do AF/AH da humificação das frações húmicas do solo, todos os tratamentos na primeira camada do solo apresentaram um elevado grau de humificação de seu material vegetal, mostrando que houve um recente aporte de matéria orgânica no solo. Na profundidade de 10-20 cm verifica-se uma evolução da matéria orgânica do solo, tendo os tratamentos BRAQ, FP/M e FP como as coberturas que mais contribuíram para esse resultado. No índice de AF+AH/HUM relacionada à menor mineralização do N do solo, os tratamentos com FP e FP/M respectivamente foram os que mais contribuíram com essa humificação nas duas profundidades. A VE e a BRAQ foram às coberturas que apresentaram com maior grau de humificação da matéria orgânica. Na braquiária este resultado também pode ser proveniente do seu sistema radicular desenvolvido que faz grande aporte de matéria orgânica no solo e auxilia na humificação desta matéria orgânica do solo.

## **CONCLUSÕES**

✓ Os estoques totais de C orgânico e N do solo não são alterados pelas coberturas avaliadas. O C orgânico do solo nas condições edafo-climáticas do

presente estudo encontra-se principalmente em formas mais estabilizadas, que são pouco alteradas pelo manejo de coberturas vegetais.

✓ Dentre as coberturas testadas, o Feijão-de-porco é aquela que favorece maior acúmulo de matéria orgânica leve no solo e aumenta a proporção de frações de C orgânico de maior labilidade. O uso combinado de feijão-de-porco com milho promove maior acúmulo de matéria orgânica leve do que o milho em cultivo solteiro.

✓ O manejo adequado da vegetação espontânea pode ser utilizada como uma opção de cobertura do solo nas entrelinhas de laranjeiras, pois proporcionou resultados similares às coberturas implantadas em relação à dinâmica do C orgânico do solo.

✓ A matéria orgânica leve foi um indicador sensível às mudanças nos teores de C orgânico do solo em função do manejo de coberturas vegetais, podendo ser utilizado como uma ferramenta de monitoramento ambiental.

✓ O manejo de coberturas vegetais não afetou o compartimento mais estável do C orgânico do solo representado pelas substâncias húmicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que as plantas de cobertura desempenham um importante papel na proteção do solo, por meio de sua fitomassa, na reciclagem de nutrientes e acúmulo de C orgânico no solo.

Os compartimentos da matéria orgânica do solo: matéria orgânica leve e matéria orgânica particulada demonstraram grande sensibilidade a variação do manejo, podendo ser usado como indicadores no tipo de manejo empregado no solo.

A consorciação entre a gramínea/leguminosa usada como plantas cobertura do solo mostra-se como uma opção de manejo eficaz para a reciclagem de nutrientes e sequestro de C no solo;

As plantas espontâneas apresentam um papel ecológico relevante ao solo por contribuir efetivamente com a reciclagem de nutrientes e com o aporte de C orgânico ao solo em níveis compatíveis aos das coberturas implantadas. Sua retirada completa do sistema mantendo o solo 'no limpo', prática comum realizada durante o ciclo de cultivo de pomares comerciais, representa uma perda na qualidade do solo, com reflexos na produtividade da cultura de médio a longo prazo. Novos estudos que indiquem o período de convivência das espécies espontâneas com a cultura principal, sem que haja competição excessiva por água e nutrientes, necessitam ser desenvolvidos para a região.

Torna-se de fundamental importância novos estudos que relacionem o cultivo de plantas de cobertura com a produção e qualidade de frutos do pomar.

## REFERÊNCIAS

RAMON COSTA ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 05, p. 1099-1108, 2007.

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

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; PRADO, L. W.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Incremento de carbono e nitrogênio num Latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Revista Ciência Rural**, v.33, n.3, p.469-475, 2003.

SARA B. BRESSAN.; S. B.; JÚLIO C. A.; NÓBREGA. J. C. A.; RAFAELA S. A.; NÓBREGA, R. S. A.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.371–378, 2013.

JEANDER OLIVEIRA CAETANO, J. O.; BENITES, V. M.; SILVA, G. P.; SILVA, I. R.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dinâmica da matéria orgânica de um Neossolo Quartzarênico de cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v37, n. 5, p.1245-1255, 2013.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Participate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.

CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; CALDAS, R. C.; ANTAS, P. M. U. T.; ARAÚJO, A. M. A.; LOPES, L. C.; SANTOS, R. C.; LOPES, N. C. M.; SOUZA, A. L. V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da Laranja-Pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 24, n. 1, p. 82-85, 2002.

CHAN, K.Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture ley. **Soil Science**, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; GLVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização

no Semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 611-618, 2011.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, 304, n. 5677, 1623-1627, 2004.

LOSS, A. PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M.; BEUTLER, S. J. Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no Paraná, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, n.1, p. 43-54, 2014.

ARCÂNGELO LOSS, A.; COUTINHO, F. S; MARCOS GERVASIO PEREIRA, M. G.; SILVA, R. A. C.; TORRES, J. L. R.; RAVELLI NETO, A. Fertilidade e carbono total e oxidável de Latossolo de cerrado sob pastagem irrigada e de sequeiro. **Revista Ciência Rural**, v.43, n. 3, p. 426-432, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v.1, n. 1, p. 57-64, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, E. P.; SANTOS, L. L.; BEUTLER, S. J.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. Frações oxidáveis do carbono orgânico em Argissolo Vermelho-amarelo sob sistema de Aleias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:867-874, 2009 (a).

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; BERNINI, T. A.; MORAES, A. G. L.; ZATORRE, P. WADT, P. G. S. Fertilidade, carbono e nitrogênio das substâncias húmicas do Solo em Sucessão Floresta - Pastagem no Acre. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p 1298-1301, 2009 (b).

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. de.; Distribuição das substâncias húmicas em solos de Tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Universidade Rural**. v. 26, n. 1, p. 57-69, 2006.

LUCA, E. F.; FELLER, C.; CERRI, C. C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D. C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 789-800, 2008.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Frações de nitrogênio em Luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no Semi-árido Cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 381-392, 2008.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. B. Organic amendments influence soil organic carbon pools and rice-wheat

productivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 3, p. 775-785, 2008.

MARIN, A. M. P.; *et al.* Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 3, p. 555-564, 2006.

PEREIRA, M. G.; LOSS. A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p. 508-514, 2010.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; TEIXEIRA, M.G.; BUSQUET, R.N.B. Desempenho de bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6 p. 1511-1517, 2009.

PINHEIRO, E.; PEREIRA, M.; ANJOS, L.; PALMIERI, F.; SOUZA. R. Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.1, p.53-56, 2003.

PULROLNIK, K.; *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob Eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. R. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.5, p. 1125-1136, 2009.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento físico do em estudos da matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Solos, 2002, 86 p

RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, G.M.; GIACOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011

RUFINI, M.; *et al.* Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.1, p.81-88, 2011.

SANTANA, M. B.; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.1, p.1-12, 2006.



SCHIAVO, J. A.; ROSSET, J. S.; PEREIRA, M. G.; SALTONÍNDICE, J. C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1332-1338, 2011.

SOHI, S.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POLWSON, D.S.P.; MADARI, B.; GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 4, p. 1121-1128, 2001.

SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biol. Biochem.**, v. 32, n. 14, p. 2099-2103, 2000.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 885-896, 2000.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. **Soil Science**, v. 116, n. 11, p. 858-871, 2001.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMMER, M.E. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1996. Part 3. Chemical methods. p.1011-1020 (Soil Science Society of America Book, series 5).

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, G.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S.I. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

WEBER, M, A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.

XAVIER, F.A.S.; *et al.* MAIA, S. Soil organic carbon and nitrogen stocks under tropical organic and conventional cropping systems in Northeastern Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 19-20, p. 2975-2994, 2009.

XAVIER, F. A. da S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de.; MENDONÇA, E. S.; Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e Convencional na chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 2, p. 247-258, 2006.

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.