

Produção de fitomassa, estoques de nutrientes e dinâmica da decomposição de coberturas vegetais em pomar de citros no Litoral Norte do Estado da Bahia



ISSN 1809-5003

Novembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 87

Produção de fitomassa, estoques de nutrientes e dinâmica da decomposição de coberturas vegetais em pomar de citros no Litoral Norte do Estado da Bahia

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

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007
44380-000, Cruz das Almas, Ba
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Comitê de publicações da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Presidente: *Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa*

Secretária-executiva: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Membros: *Áurea Fabiana Apolinário Albuquerque Gerum*

Cícero Cartaxo de Lucena

Clóvis Oliveira de Almeida

Eliseth de Souza Viana

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Leandro de Souza Rocha

Marcela da Silva Nascimento

Tullio Raphael Pereira de Pádua

Revisão de texto: *Adriana Villar Tullio Marinho*

Normalização bibliográfica: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Editoração: *Anapaula Rosário Lopes*

Fotos da capa: *Francisco Alisson da Silva Xavier*

1ª edição

Versão on-line (2017).

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Produção de fitomassa, estoques de nutrientes e dinâmica da decomposição de coberturas vegetais em pomar de citros no Litoral Norte do Estado da Bahia / Francisco Alisson da Silva Xavier, Judyson de Matos de Oliveira, Francisco Éder Rodrigues de Oliveira. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017.

25 p.: il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-5003; 87).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Solo. 2. Cobertura do solo 3. Cobertura vegetal. I. Xavier, Francisco Alisson da Silva. II. Oliveira, Judyson de Matos de. III. Oliveira, Francisco Éder Rodrigues de. IV. Título. V. Série.

CDD 634.304

© Embrapa 2017

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	7
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	15
Conclusões.....	22
Agradecimentos	23
Referências	23

Produção de fitomassa, estoques de nutrientes e dinâmica da decomposição de coberturas vegetais em pomar de citros no Litoral Norte do Estado da Bahia

Francisco Alisson da Silva Xavier

Judyson de Matos Oliveira²

Francisco Éder Rodrigues de Oliveira³

Resumo

O cultivo de coberturas vegetais em pomares de citros é considerado uma alternativa aos sistemas de cultivo que propõem manter o solo 'no limpo'. Conhecer o potencial de produção de fitomassa e o padrão de decomposição dos resíduos é fundamental para a escolha da(s) espécie(s) adequada(s) para uma determinada região. O presente estudo objetivou avaliar a produção de massa seca da parte aérea, o acúmulo de carbono e macronutrientes e o padrão de decomposição dos resíduos de diferentes plantas de cobertura com potencial para serem utilizadas em pomares de citros nas condições da região do Litoral Norte do Estado da Bahia. O experimento foi conduzido na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, BA. Utilizou-se um delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições para avaliar os seguintes tratamentos de coberturas vegetais: braquiária decumbes (*Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster) (BRAQ); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) (FP);

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

²Estudante de mestrado do Programa de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

³Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (MILH); combinação 50% feijão-de-porco + milheto (FP/MILH); e vegetação espontânea (VE) como testemunha. As coberturas foram plantadas nas entrelinhas de um pomar de laranja e a produção de fitomassa da parte aérea foi medida no estágio de florescimento máximo, aos 90 dias após a semeadura. Foram quantificados os teores de C e macronutrientes na massa seca. Após o corte das coberturas, foram colhidas amostras de 100 g de fitomassa fresca de cada tratamento para conduzir o ensaio da dinâmica da decomposição utilizando o método das sacolas de decomposição (*litter bags*). O experimento de decomposição foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. As avaliações da massa seca remanescente foram realizadas aos 8, 15, 20, 30, 40, 55 e 70 dias após a distribuição das sacolas no campo. A produção de massa seca da fitomassa da parte aérea diferiu significativamente entre as diferentes coberturas, e variou de 1,5 a 3,6 t ha⁻¹. Os tratamentos MILH e FP/MILH foram os que apresentaram maior produção de fitomassa. As plantas extraíram maiores quantidades de N, K e Ca; e menores quantidades de P, Mg e S. A leguminosa feijão-de-porco possui baixo potencial para sequestrar C, mas pode ser considerada uma excelente recicladora de N, Ca e S para o solo. As gramíneas milheto e braquiária possuem grande potencial para reciclar C e P. Os resíduos vegetais das espécies milheto e braquiária apresentaram a menor taxa de decomposição, o que indica que tais espécies permanecem por um maior período de tempo na sua função de promover a cobertura do solo.

Termos para indexação: *Litter bags*, tempo meia-vida, cobertura do solo, relação C/N.

Phytomass production, nutrient storage and decomposition dynamics of cover crops in an orange orchard in the Litoral Norte of Bahia State

Abstract

Cultivation of cover crops in citrus orchards is considered a suitable management practice to avoid bare soil. The correct choice of a cover crop depends on the knowledge of their potential for phytomass production and the pattern of decomposition of their organic residues. The objective of this study was to evaluate the dry shoot phytomass production, carbon and nutrient storage and the pattern of residues decomposition of different cover crops with potential to be adopted in the 'Litoral Norte' region of Bahia State, Brazil. The experiment was conducted in the 'Lagoa do Coco' farm, situated in the municipality of Rio Real, Bahia, Brazil. A randomized complete block design was applied for evaluation of the follow cover crops treatments: Brachiaria (*Urochloa decumbens* Stapf) (BRAQ); Pearl millet (*Pennisetum glaucum* R.Br.) (MILH); Jack bean (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) (JB); blend of jack bean + millet (JB/MILH) in equal proportions (50% each), and Spontaneous vegetation (SPV) as the control treatment. The cover crops were planted in the inter-rows of an orange orchard at the beginning of the rainy season, and the shoot phytomass production was measured 90 days after sowing, corresponding to the period of full bloom. Carbon and macronutrients contents of dry phytomass were determined. Immediately after mowing shoot

phytomass, 100-g samples of fresh residues of each cover crop treatment were separated to install the experiment of decomposition dynamics, using the litter bags method in a complete randomized design. The evaluations of remaining phytomass were performed at: 8, 15, 20, 30, 40, 55 and 70 days after installing litter bags on the field. Dry shoot phytomass production differed significantly among cover crops and varied from 1.5 to 3.6 t ha⁻¹. Treatments MILH and JB/MILH had the highest shoot phytomass production. On average, the most extracted nutrients by cover crops were N, K and Ca; meanwhile P, Mg and S were extracted in lower quantities. The cover crop Jack bean showed the lowest potential for C sequestration, but may be considered an excellent option of management to recycle N, Ca and S into soil. The grasses Pear millet and Brachiaria showed the greatest potential to recycle C and P and the lowest decomposition rates, which indicates that these species remain for a longer period of time acting as a soil cover.

Index terms: Litter bags. Time of half-life. Soil covering. C/N Ratio.

Introdução

Na maioria dos pomares de citros na região do Litoral Norte da Bahia, o manejo do solo, nas entrelinhas, emprega constantemente práticas de aração e gradagem, a fim de eliminar a concorrência com as plantas espontâneas. Como consequência, observa-se o intenso revolvimento do solo, mantendo-o descoberto. A motivação para o uso dessa prática baseia-se na percepção por parte dos produtores de que há aumento na produtividade do pomar por diminuir a competição por água com a matavegetação. Porém, não há estudos científicos desenvolvidos na região que possam embasar essa suposta constatação. O revolvimento intensivo, aliado ao peso do maquinário, ocasiona compactação do solo, perda de matéria orgânica do solo (MOS), aumento da emissão de CO₂, perdas de nutrientes e aumento da susceptibilidade à erosão, refletindo negativamente na fertilidade do solo e na produtividade da cultura (MOHAMAD et al., 2016).

Dentre as alternativas de manejo que visam à diminuição dos impactos causados pelo revolvimento do solo nos sistemas de produção de citros, destaca-se a utilização de plantas de cobertura. O cultivo de plantas de cobertura do solo, também comumente chamadas de adubos verdes, pode ser considerada uma estratégia capaz de melhorar a capacidade produtiva dos solos (CORREIA e DURIGAN, 2008; BALOTA e AULER, 2011; XAVIER et al., 2013) e intensificar a reciclagem de nutrientes (GIACOMINI et al., 2003), trazendo benefícios para as plantas cítricas. Dentre as espécies de plantas de cobertura mais utilizadas para este fim estão as leguminosas, especialmente devido à sua capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio em associação com bactérias diazotróficas, como as do gênero *Rhizobium* (PEOPLES et al., 2009; MANGARAVITE et al., 2014). Por outro lado, algumas gramíneas e/ou não leguminosas têm se mostrado eficientes para manter o solo coberto e reciclar outros nutrientes, além do nitrogênio (GAMA-RODRIGUES et al., 2007; PACHECO et al., 2011; TORRES et al., 2015).

A escolha por determinada planta de cobertura deve estar baseada na função principal que ela deve exercer no sistema agrícola para a qual foi designada. Por exemplo, para a função cobertura/proteção do solo, as plantas com alta produção de fitomassa e menor taxa de decomposição da parte aérea devem ser priorizadas; já para a melhoria da fertilidade química do solo, a preferência deve ser para espécies que se decompõem e liberam nutrientes mais rapidamente; para melhoria da qualidade física do solo, aquelas que possuem sistema radicular mais robusto. Conhecer o padrão da decomposição e de liberação de nutrientes é um aspecto fundamental para o auxílio na seleção de plantas de cobertura, e possibilita a elaboração de um planejamento adequado para utilização mais eficiente dos benefícios dessa tecnologia, por exemplo, a sincronização entre a demanda de nutrientes da cultura de interesse econômico e a liberação de nutrientes dos resíduos (AITA; GIACOMINI, 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2007). O processo de decomposição é governado pela qualidade do substrato orgânico que está relacionada aos constituintes orgânicos (ex. celuloses, hemiceluloses, polifenóis e ligninas) e os teores de nutrientes; pelas condições ambientais, controladas pelo clima; e pela comunidade microbiana decompositora, que se adapta conforme a qualidade do material orgânico depositado (MAFANGOYA et al., 1998).

O presente estudo objetivou avaliar a produção de massa seca da parte aérea, o acúmulo de carbono e macronutrientes, e o padrão de decomposição dos resíduos de diferentes plantas de cobertura com potencial, para serem utilizadas em pomares de citros, nas condições da região do Litoral Norte do Estado da Bahia.

Material e Métodos

Localização e descrição geral dos experimentos

O experimento foi instalado na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real (11° 33' 46'' S e 37° 53' 06'' W, altitude 186 m), região do Litoral Norte da Bahia (Figura 1). O clima predominante é do tipo As,

quente, conforme a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24°C e pluviosidade média de 1.000 mm ano⁻¹, período chuvoso, concentrando-se entre os meses de maio a julho, e o período seco geralmente entendendo-se de setembro a fevereiro (SANTANA et al., 2006). O solo foi um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (CARVALHO et al., 2002). Foi selecionado um pomar de laranja 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo' no espaçamento 6 m x 4 m implantado há oito anos.

Nessa área, foi desenvolvido um estudo para avaliar as seguintes espécies como plantas de cobertura do solo nas entrelinhas do pomar de laranja: braquiária decumbes (*Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster) (BRAQ); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) (FP); milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (MILH); combinação 50% feijão-de-porco + milho (FP/MILH); e vegetação espontânea (VE) como testemunha (Figura 2).

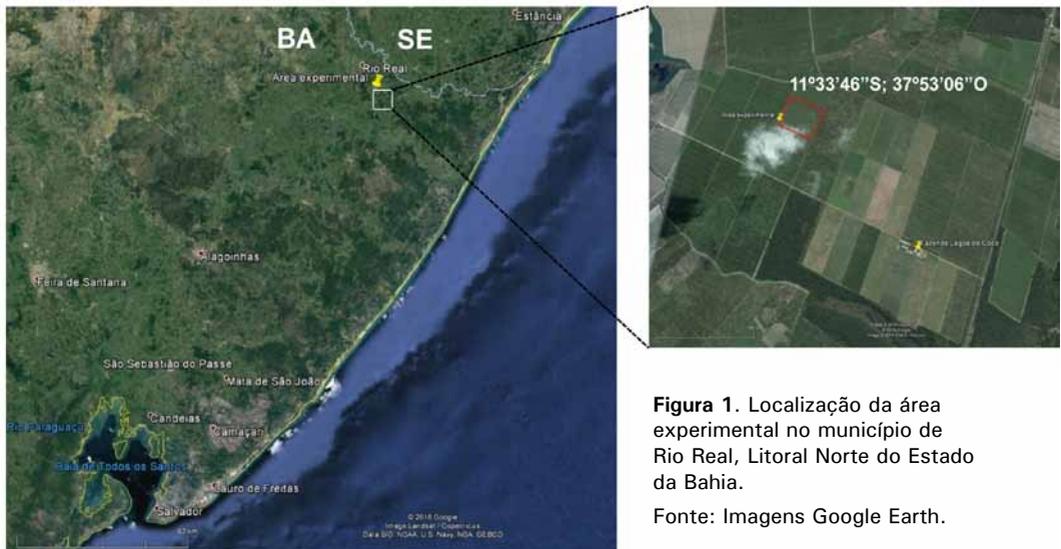


Figura 1. Localização da área experimental no município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia.

Fonte: Imagens Google Earth.

Fotos: Francisco Alisson da Silva Xavier



Figura 2. Plantas de cobertura do solo cultivadas nas entrelinhas de um pomar de laranja: braquiária decumbens (BRAQ) (A); feijão-de-porco (FP) (B); milheto (MILH) (C); combinação 50% feijão-de-porco + milheto (FP/MILH) (D); vegetação espontânea (VE) (E).

A quantificação da massa seca total da parte aérea das coberturas vegetais foi feita aos 90 dias após o plantio, utilizando o método do quadrado de amostragem com dimensões de 0,50 m x 0,50 m, lançado três vezes aleatoriamente em cada parcela. Após a coleta, o material foi pesado ainda em campo para obtenção da massa fresca; em seguida, foram levadas ao laboratório e secas em estufa a 65°C por 72 horas, para determinação da massa seca expressa em toneladas por hectare.

Após secagem do material, foi feita uma amostra composta das amostras aleatórias obtidas em cada parcela para avaliação dos teores de C e macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), (SILVA, 2009).

Para a avaliação da decomposição dos resíduos vegetais das coberturas, adotou-se a metodologia das sacolas de decomposição (*litter bags*) com dimensões (largura x altura) de 26 x 24 cm e malha de 5 mm de abertura (ANDERSON; INGRAM, 1996). 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 (Figura 3).



Figura 3. Preparo das sacolas (*litter bags*) para o estudo da dinâmica da decomposição em campo.

Fotos: Francisco Alisson da Silva Xavier

As avaliações da massa seca remanescente foram realizadas aos 8, 15, 20, 30, 40, 55 e 70 dias após a distribuição das sacolas no campo. Foram consideradas três repetições por cada tempo de coleta e por tratamento. Em cada período de avaliação, as sacolas contendo o material remanescente da decomposição foram levadas para o laboratório, onde foi feita uma triagem visando à separação de partículas de solo, insetos e outros materiais de natureza diferente aderidos, ou não, ao material vegetal inicial. Posteriormente, o material remanescente foi acondicionado em sacos de papel, seco em estufa a 60°C até peso constante e, em seguida, pesado e triturado.

A massa seca remanescente em função do tempo foi calculada pela diferença entre o peso original e o peso determinado ao final de cada período de decomposição. Com esses dados, estimaram-se as taxas da decomposição e de liberação diária de nutrientes, aplicando-se o modelo exponencial simples descrito por Rezende et al. (1999), $X = X_0 e^{-kt}$, em que X representa a quantidade de massa seca remanescente após um período de tempo t , em dias; X_0 , a quantidade de massa seca inicial; e k , a constante de decomposição. Com base no modelo ajustado, obtido o valor de k , foi possível mensurar o tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da decomposição como sendo: $T_{1/2} = \ln(2)/k$, onde $\ln(2)$ é logaritmo neperiano de dois, que é um valor constante, e k , a constante de decomposição, obtida no modelo ajustado. O $T_{1/2}$ expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha.

Os dados de produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste F para significância. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para a análise dos dados que envolveram o estudo de decomposição, foi aplicada a análise de regressão linear simples para obtenção das equações do modelo exponencial proposto.

Resultados e Discussão

Produção de massa seca e acúmulo de nutrientes da fitomassa

A produção de massa seca da fitomassa da parte aérea diferiu significativamente entre as diferentes coberturas e variou de 1,5 a 3,6 t ha⁻¹ (Figura 4). Os tratamentos MILH e FP/MILH foram os que apresentaram maior produção de fitomassa. Por outro lado, a menor produção de massa seca foi observada no tratamento VE. Os tratamentos envolvendo gramíneas superaram o de VE em cerca de 50% da sua produção total de massa seca. A rusticidade e a elevada produção vegetal das gramíneas são fatores que estão associados a esse comportamento. Timossi et al. (2007) também encontraram elevadas produções de massa seca para as braquiária e milho aos 110 dias após o plantio, com média de 10 t ha⁻¹. Outros trabalhos na literatura, inclusive, destacam a alta produção de massa seca proveniente das espécies de braquiária e milho em consórcio com leguminosas (FERRARI NETO et al., 2012).

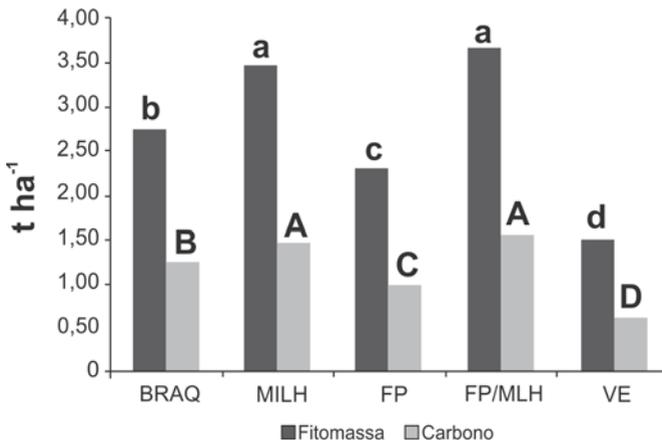


Figura 4. Produção de massa seca (t ha⁻¹) da parte aérea de diferentes plantas de cobertura cultivadas em um pomar de laranjeira, Rio Real, BA. BRAQ: braquiária; MILH: milho; FP: feijão-de-porco; FP/MILH: combinação 50% feijão-de-porco + milho; VE: vegetação espontânea. Médias seguidas de mesma letra, minúsculas para fitomassa e maiúsculas para os estoques de carbono, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Para que as espécies possam proporcionar proteção adequada ao solo, Alvarenga et al. (2001) ponderam que haja uma produção de seis toneladas por hectare, quando estas atingem o máximo do estágio de floração. No entanto, há de se considerar o tipo de planta e as condições edafoclimáticas locais, que também influenciam o padrão de desenvolvimento das espécies. Os estoques de massa seca obtidos no presente estudo estiveram abaixo do valor sugerido por Alvarenga et al. (2001), porém corroboram com a hipótese sobre a influência direta dos fatores edafoclimáticos no crescimento das plantas.

Os estoques de carbono (C) na massa seca da parte aérea variaram de 0,6 a 1,5 t ha⁻¹ (Figura 4). As diferenças nos estoques de C entre os tratamentos de cobertura vegetal seguiram o mesmo padrão da produção de fitomassa. Os maiores estoques de C foram apresentados pelos tratamentos MILH e FP/MILH. Em média, o C representou 43% da produção de massa seca. Desse percentual, somente pequena parte é convertida em matéria orgânica do solo, mediante mecanismos que levam à humificação, enquanto que outra é convertida em CO₂ por meio de processos de foto-oxidação ou respiração de microrganismos que utilizam C como fonte de energia (DAVIDSON; JANSSENS, 2006).

Com relação aos macronutrientes, de modo geral, as plantas acumularam maiores quantidades de N, K e Ca; e menores quantidades de P, Mg e S (Tabela 1).

Tabela 1. Acúmulo de macronutrientes na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura aos 90 dias após a semeadura, município de Rio Real, BA, 2013

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
BRAQ	76,65 b	6,30 b	4,38 d	9,03 c	8,49 a	4,93 b
MILH	58,69 b	12,43 a	36,94 b	10,01 c	7,25 a	6,56 b

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
FP	117,06 a	7,34 b	34,89 b	60,37 a	7,57 a	11,25 a
FP/MILH	73,10 b	11,33 a	43,49 a	44,22 b	10,23 a	8,04 b
VE	26,86 c	11,19 a	22,23 c	17,31 c	7,61 a	5,97 b
Média geral	70,47	9,72	28,39	28,19	8,23	7,35
CV (%)	14,82	13,69	13,24	15,74	14,98	13,64

BRAQ: braquiária decumbes; MILH: milheto; FP: feijão-de-porco; FP/MILH: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; VE: vegetação espontânea. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott Knott a 5 % de probabilidade.

A leguminosa FP foi a que acumulou maior quantidade de N, 41% a mais em relação às demais. Certamente essa resposta está associada à maior capacidade de fixação biológica desse elemento pelas leguminosas, fato amplamente evidenciado na literatura (PEOPLES et al., 2013).

Entre as coberturas plantadas, os maiores estoques de P ocorreram nos tratamentos MILH e FP/MILH (Tabela 1), o que está mais relacionado à maior produção de fitomassa (Figura 4) do que necessariamente maior teor desse elemento nos tecidos (Tabela 2). Interessante destacar que o tratamento testemunha VE apresentou acúmulo de P semelhante aos tratamentos MILH e FP/MILH, o que não está relacionado à quantidade de fitomassa produzida, que foi menor (Figura 4), mas sim pelo maior teor de P nos tecidos vegetais (7,45 g kg⁻¹), cerca de 55% maior que nos tratamentos citados (Tabela 2). Esse resultado destaca a importância da vegetação espontânea como espécies recicladoras de P no ambiente, que incorpora cerca de 26 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esse montante representa 33% da necessidade de P₂O₅ para a laranjeira, com oito anos de idade e teores baixos de P no solo.

Tabela 2. Teores de macronutrientes na fitomassa da parte aérea das plantas de cobertura aos 90 dias após a semeadura, município de Rio Real, BA, 2013

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N
	g kg ⁻¹						
BRAQ	28,0	2,32	1,61	3,26	3,07	1,78	15
MILH	16,9	3,59	10,71	2,88	2,06	1,85	25
FP	50,8	3,23	15,22	26,33	3,26	4,86	8
FP/MILH	19,8	3,14	11,91	12,07	2,79	2,21	21
VE	18,1	7,45	14,92	11,55	5,12	3,96	23
Média geral	26,7	3,90	10,90	11,20	3,30	2,90	19

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

O maior potencial de reciclagem de K foi dado pelo tratamento FP/MILH (Tabela 1), que foi de, aproximadamente, 7,6 kg ha⁻¹ de K (9,2 kg ha⁻¹ de K₂O) superior aos tratamentos FP e MILH. Isso demonstra que o cultivo combinado de leguminosa com gramínea é mais favorável à reciclagem de K no ambiente em relação aos cultivos solteiros dessas espécies. A quantidade incorporada de K₂O pelo tratamento FP/MILH é de 88 kg ha⁻¹, valor superior à metade da necessidade da planta de oito anos e em solos com baixos teores de K. Vale lembrar que o K, como não faz parte de compostos na planta, e como está livre na planta, é prontamente disponibilizado.

Assim como para o N, o tratamento FP apresentou maior potencial para reciclagem de Ca (Tabela 1), seguido do tratamento FP/MILH. As gramíneas BRAQ e MILH acumularam cerca de 51 kg ha⁻¹ menos Ca que a leguminosa FP, evidenciando que, para uma maior reciclagem de Ca no solo, a inclusão de uma leguminosa, como o FP, é mais interessante que o cultivo solteiro de uma gramínea. Isso pode ser observado pelo incremento do acúmulo de Ca no tratamento FP/MILH

quando comparado ao tratamento MILH. O tratamento VE apresentou o mesmo potencial de acúmulo de Ca em relação às gramíneas.

Para os estoques de Mg não houve efeito significativo do tipo de cobertura utilizada, correspondendo a uma média de 13,7 kg ha⁻¹ de MgO reciclado. Já para o S, o maior estoque foi observado no tratamento FP em relação aos demais (Tabela 1).

Dinâmica da Decomposição

Durante a primeira avaliação, aos oito dias após a instalação do experimento, a perda média de massa seca dos materiais foi de 21 %, com exceção do tratamento FP/MILH, que apresentou média de 34 % (Figura 5).

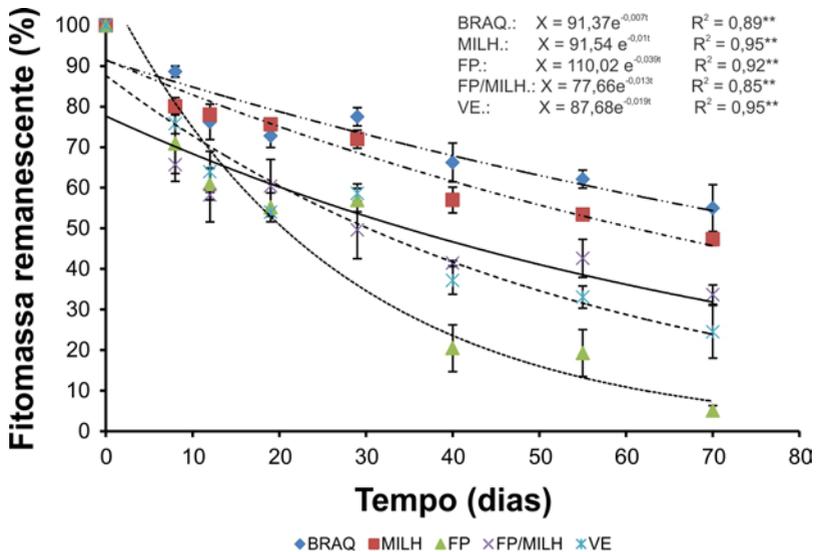


Figura 5. Fitomassa remanescente da parte aérea de diferentes plantas de cobertura em avaliações de campo até 70 dias após a distribuição das sacolas de decomposição na superfície do solo. BRAQ: braquiária; MILH: milheto; FP: feijão-de-porco; FP/MILH: combinação 50% feijão-de-porco + milheto; VE: vegetação espontânea. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.

A diferenciação da 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 massa seca, diferenciando-se dos demais. O tratamento FP foi o que apresentou maior velocidade de decomposição, onde 50% da massa seca inicial foi decomposta em aproximadamente 30 dias, e menos que 10% do material original restou ao final de 70 dias (Figura 5). O tratamento VN apresentou dinâmica de decomposição semelhante ao tratamento FP/MILH até 40 dias após o início do experimento; contudo, apresentou maiores perdas de massa seca após esse período, e manteve um padrão intermediário entre FP/MILH e FP.

As gramíneas, como a braquiária e o milheto, apresentam maior tempo de decomposição quando comparadas às leguminosas, pois possuem maior relação C/N (Tabela 2), como constatado também por Timossi et al. (2007). O consórcio FP/MILH apresentou um padrão de decomposição mais lento em relação ao FP. Esse resultado pode ser atribuído ao 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 N pela fixação biológica, o consórcio entre espécies de plantas de cobertura de solo deve proporcionar uma produção de massa seca com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivo solteiro.

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 leguminosa/gramínea, representada pelo tratamento FP/MILH, pode ser considerada uma opção mais desejável 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 a 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.

Com a constante de decomposição (k), obtida a partir do ajuste do modelo exponencial (Figura 5), foi calculado o tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) das coberturas vegetais (Tabela 3). Observou-se que metade dos resíduos vegetais provenientes dos tratamentos BRAQ e MILH havia se decomposto aos 99 e 69 dias, respectivamente, o que possivelmente pode ser explicado pela maior relação C/N dos resíduos (Tabela 2), característica das gramíneas. Entre todas as coberturas vegetais, o tratamento FP foi o que apresentou menor $T_{1/2}$. A baixa relação C/N do material potencializa a aceleração da decomposição pelos microrganismos. A inclusão de uma gramínea ao tratamento com leguminosa aumenta o $T_{1/2}$ em 35 dias em relação ao cultivo solteiro da leguminosa, sugerindo ser uma melhor opção de manejo para aumentar o potencial de cobertura do solo.

Tabela 3. Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da fitomassa seca remanescente das espécies utilizadas como cobertura de solo em pomar de laranjeira, Rio Real, BA, 2013

Tratamentos ^a	k	$T_{1/2}$
	g/dia	dias
BRAQ	0,007	99
MILH	0,010	69
FP	0,039	18
FP/MILH	0,013	53
VE	0,019	36

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

Destaca-se ainda o padrão de decomposição dos resíduos do tratamento VE, sendo mais lento que a leguminosa FP. Assim, as

espécies espontâneas, por já estarem adaptadas ao ambiente, seriam mais eficientes em manter a cobertura do solo em relação à leguminosa FP. Esse papel ecológico desempenhado pela VE 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 da cultura de interesse econômico, como no caso dos citros.

Conclusões

1. O tratamento envolvendo a combinação feijão-de-porco/milheto pode ser considerado a opção de manejo mais adequada para o sistema de produção de laranja estudado, uma vez que produziu maior fitomassa e apresentou padrão de decomposição intermediário aos cultivos solteiros.
2. O potencial de ciclagem de C e nutrientes é distinto para as diferentes coberturas vegetais. A leguminosa feijão-de-porco possui baixo potencial para sequestrar C, mas pode ser considerada uma excelente recicladora de N, Ca e S para o solo. As gramíneas milho e braquiária possuem grande potencial para reciclar C e P.
3. A vegetação espontânea apresenta um papel ecológico importante para a ciclagem de C e nutrientes. Sua eliminação total do pomar cítrico representa uma perda substancial de C e nutrientes do sistema, além de deixar o solo exposto à ação direta de ventos, chuva e, por conseguinte, resultar em erosão e perda da camada superficial, mais rica em matéria orgânica.
4. Os resíduos vegetais das espécies milho e braquiária apresentaram a menor taxa de decomposição, o que indica que tais espécies permanecem por um maior período de tempo na sua função de promover a cobertura do solo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia – FAPESB (projeto PPP 0032/2011) e à Embrapa (SEG 02.12.01.013.00.00) pelo suporte financeiro e pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica. Nossa gratidão estendida ao Sr. Roberto Shibata e sua família pela concessão da área experimental na Fazenda Lagoa do Coco, logística e bons momentos de amizade durante a condução do experimento. À Embrapa Mandioca e Fruticultura por toda a infraestrutura de laboratórios disponível para a realização das análises. Por fim, nossa gratidão aos revisores do comitê local de publicações pelas valiosas sugestões no texto final deste trabalho.

Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis; 2006. p.59-79.
- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. Wallingford, CAB International, 1996. 171p.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n. 208, p. 25-36, jan./fev. 2001.
- BALOTA, E. L.; AULER, P. A. M. Soil microbial biomass under different management and tillage systems of permanent intercropped Cover species in an orange orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p. 1873-1883, nov./dez. 2011.
- CARVALHO, J. E. B. et al. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da Laranja-‘Pêra’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 82-85, 2002.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.4, p. 20-31, out./dez. 2008.

DAVIDSON, E. A.; JANSSENS, I. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, v.440, n.9, p. 165-173, mar. 2006.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e sílicio da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 264-272, mar. 2012.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p. 1421-1428, 2007.

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

MAFONGOYA, P. L.; GILLER, K. E.; PALM, C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. **Agroforestry Systems**, v.38, n. 1, p. 77-97, jul. 1997.

MANGARAVITE, J. C. S. et al. Phytomass production and nutrient accumulation by green manure species. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.5, p. 732-739, set/out. 2014.

MOHAMAD, R. S. et al. Effect of different agricultural practices on carbon emission and carbon stock in organic and conventional olive systems. **Soil Research**, Austrália, v.54, n.2, p. 173-181, mar. 2016.

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

PEOPLES, M. B. et al. The contributions of nitrogen- fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. **Symbiosis**. v. 48, p. 1-17, fev. 2013.

REZENDE, C. P. et al. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, n. 2, p. 99-112, jun. 1999.

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**, Viçosa, v.31, p. 1-12, 2006.

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

TIMOSSO, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, jun. 2007.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; LOSS, A. Production, decomposition of residues and yield of maize and soybeans grown on cover crops. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 451-459, 2015.

XAVIER, F. A. S. et al. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 165, p. 173-183, jan. 2013.



Mandioca e Fruticultura

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 14050