



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



LÚCIA DE OLIVEIRA LIMA

**DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE FITOMASSA
RECALCITRANTE EM FUNÇÃO DE PROBIÓTICOS, NITROGÊNIO E FÓSFORO**

AREIA – PB
Março 2015

LÚCIA DE OLIVEIRA LIMA

**DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE FITOMASSA
RECALCITRANTE EM FUNÇÃO DE PROBIÓTICOS, NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Paraíba, como parte da exigência do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas, para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Vânia da Silva Fraga

AREIA – PB
Março 2015

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

L732d Lima, Lúcia de Oliveira.
Decomposição e mineralização de nutrientes de fitomassa recalcitrante em função
de probióticos, nitrogênio e fósforo / Lúcia de Oliveira Lima. - Areia: UFPB/CCA, 2015.
66 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientadora: Vânia da Silva Fraga.

1. Adubos verdes – Decomposição 2. *Canavalia ensiformis* – Resíduos vegetais 3.
Solo – Material recalcitrante I. Fraga, Vânia da Silva (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.8(043.3)

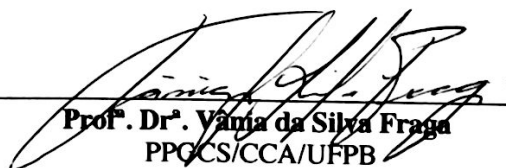
LÚCIA DE OLIVEIRA LIMA

**DECOMPOSIÇÃO E MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE FITOMASSA
RECALCITRANTE EM FUNÇÃO DE PROBIÓTICOS, NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Paraíba, como parte da exigência do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas, para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em: 05 /03/ 2015

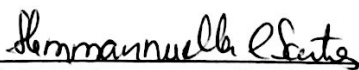
BANCA EXAMINADORA:



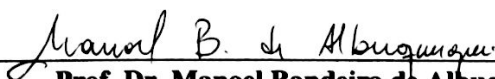
Prof. Dr.ª Vânia da Silva Fraga
PPGCS/CCA/UFPB
Orientadora



Prof. Dr. Cícero Antônio de Sousa
IFSERTÃO - PE
Examinador- Externo



Prof. Dr.ª Hemmannuella Costa Santos
CCHSA/UFPB
Examinadora- Interna



Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque
DFCA/CCA/UFPB
Examinador- Interna

Ao meu marido, Mychel Dawid Ramalho Costa, pela paciência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho, que me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades. Pessoa com quem amo partilhar a vida. Com você me sinto mais viva. Valeu a pena toda distância, todo sofrimento, todas as renúncias... Valeu a pena esperar... Hoje estamos colhendo, juntos, os frutos do nosso empenho! Esta vitória é muito mais sua do que minha!

DEDICO

Ao meu Hachiko, que mesmo sem entender a vida, tanto me compreende, com seu afeto irrestrito se dedicando a mim integralmente, contentando-se apenas com uma migalha do meu tempo. Na minha chegada me saúda exageradamente e faz o mundo ficar pequeno demais de tanta felicidade, como se na minha ausência os minutos fossem horas e as horas uma eternidade.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, Santo Expedito e Santa Catarina, por serem essencial em minha vida, autores de meu destino, meus guias, concedendo-me sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir, proteção para me amparar, e socorro presente na hora da angústia.

Ao meu marido Mychel Dawid Ramalho Costa, com quem compartilho todos os meus projetos, pela paciência nos momentos de ausência e privação, pelas discussões acadêmicas, por ser o meu leitor, conselheiro e ouvinte, por seu incentivo inesgotável e por sua presença constante na minha vida. Não são apenas estas palavras que vão expressar a gratidão e amor que tenho por você. Este trabalho também é seu.

À Universidade Federal da Paraíba - UFPB, pela oportunidade de participar do curso de pós-graduação em Ciência do Solo.

À coordenação do curso de pós-graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade concedida de aprimoramento dos meus conhecimentos nessa área.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - IF Sertão-PE, *campus*, Petrolina Zona Rural, pela concessão de recursos humanos e de infraestrutura, fundamentais para a realização desta pesquisa. Instituição que dispenseo muito respeito e carinho pela seriedade que direciona os seus trabalhos e pela forma que acolhe os discentes.

À EMBRAPA Semiárido, pela concessão de recursos humanos e de infraestrutura, fundamentais para a realização de parte desta pesquisa. Instituição que dispenseo muito respeito e carinho pela seriedade que direciona os seus trabalhos e pela forma que acolhe os discentes.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Ao Prof. e amigo Dr. Fabio Freire de Oliveira, à quem externo, meu respeito e admiração, postura ética, competência, zelo e honradez como profissional e pessoa, pelo apoio incondicional, disponibilidade, incentivo e credibilidade no meu potencial, pela amizade sincera, pelas instruções acadêmicas e de pesquisa, pelos conselhos de vida e pelas importantes sugestões e estímulos para formação técnico-científica, além de muito úteis nos momentos mais difíceis dessa jornada, muito serviram para o meu aprimoramento pessoal e profissional. Serei eternamente grata pela a oportunidade e por seus ensinamentos.

À professora Dr^a. Vânia da Silva Fraga, pela orientação, que tanto contribuíram para o meu aprendizado e amadurecimento, à quem externo, meu respeito, carinho e admiração.

Ao Prof. Dr. Cícero Antônio de Souza Araújo, pela orientação, apoio, compreensão, paciência, amizade, auxílio, motivação e estímulo imensurável em fazer sempre o melhor no alcance deste grande objetivo à quem externo, meu respeito e admiração.

Aos professores de toda a minha jornada acadêmica, por ter repassado o mais rico dos tesouros: o saber.

Agradeço imensamente as amigas Maria do Socorro Freitas e Maria Auxiliadora Freitas, pela amizade sincera, pelas instruções acadêmicas e de pesquisa, pelos conselhos de vida e pelas importantes sugestões e estímulos para formação técnico-científica, durante o período de graduação e mestrado. Toda a atenção e assistência prestadas, além de muito úteis nos momentos mais difíceis dessa jornada, muito serviram para o meu aprimoramento pessoal e profissional. Verdadeiros exemplos de solidariedade que se tornaram pilares nos quais me apoiiei nos momentos de fraquezas, mas também dividimos os doces sabores das conquistas.

À Graciene Silva, laboratorista do Laboratório de Análises de Solos e Plantas do IF Sertão – PE, campus Petrolina Zona Rural, pelos ensinamentos ministrados, paciência e amizade.

Aos amigos Auxiliadora Freitas, Adeilson Cardoso, Italo Ramon e Kathianne Rodrigues, pelo companheirismo, apoio, dedicação, aventuras de campo, e conhecimentos compartilhados durante as atividades de pesquisa, a quem dispensei muito respeito e admiração.

Ao Dr. Davi José Silva, pesquisador da EMBRAPA semiárido, pelo profissional que é, pela atenção, dedicação, apoio e incentivo. Serei eternamente grata por seus ensinamentos e por ter acreditado em mim.

Ao Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo, pesquisador da EMBRAPA semiárido, e toda equipe do Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa semiárido, fundamental na realização das análises bromatológicas.

Ao Clésio Morgado, pela disponibilidade e valiosas orientações, o meu muito obrigada.

Aos meus amigos Leonardo Dantas, Leonardo Tinôco, Andrezo Santos, em especial a Auxiliadora. Obrigada pela força e por não terem me deixado desistir. Sinto que nós percorremos este caminho juntos, nos complementando e nos fortalecendo. Obrigada pela rica troca e cumplicidade.

À AMBIEM Ltda – Brasil, pela doação do EM-1, utilizado no presente trabalho. Apesar do acesso ao produto ter se constituído num caminho difícil e longo, encontrei pessoas dispostas a me ajudar de forma significativa. Um enorme agradecimento a Sid Simões e Paola Segura.

À AGROVALE, pela doação do melaço de cana, em especial ao Joselito.

À AGROBOM Petrolina, especialmente ao Jorge Luiz Bombonati pelo incentivo, confiança e contribuição na execução deste trabalho.

Ao produtor rural, do Projeto de irrigação Senador Nilo Coelho, núcleo 6, Fabiano Paixão Guimarães, e o agrônomo da Juagro Petrolina, Rogerio, pela doação dos produtos comerciais, compost-aid e o Soil Set, e principalmente com seus conhecimentos práticos, fundamentais para o desenvolvimento de algumas etapas deste trabalho.

Aos meus padrinhos, Elza Pionório e Inácio Pionório (in memoria), pelo incentivo e por acreditarem em mim.

Ao Prof. Dr. Marcos dos Santos Lima, pelo apoio, compreensão, paciência, auxílio, motivação e estímulo em fazer sempre o melhor no alcance deste grande objetivo.

Aos meus pais, Valmir Bezerra e Francisca Oliveira, irmão, Leonardo Oliveira, amigos, colegas, e a todos aqueles que se alegram com o meu sucesso.

Aos responsáveis pelo setor de campo do IFSERTÃO-PE, campus, Petrolina Zona Rural, especialmente a Nivaldo Ribeiro, Emanuel Fernandes, Fredson Rosa, Fernando Borges e Edson Rosa. Á todos vocês muito obrigada!

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

“Um bom mestre ensina seus alunos o conhecimento; um excelente mestre treina a emoção deles para perguntar, duvidar e ter consciência crítica.”

Augusto Cury

“A principal meta da educação é criar homens capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe.”

Jean Piaget

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Manejo de Resíduos Vegetais	17
2.2 Decomposição de Resíduos Vegetais	18
2.3 Feijão de Porco (<i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC.)	20
2.4 Probióticos comerciais.....	22
3.4.1 EM-1®.....	22
3.4.2 Soil Set®.....	22
3.4.3 COMPOST AID®.....	23
3. MATERIAL E MÉTODO	24
3.1 Localização, Clima e Solo	24
3.2 Instalação e Condução do Experimento	25
3.3 Avaliações	27
3.3.1 Produção de Biomassa da Parte Aérea do Feijão de Porco	27
3.4 Delineamento Experimental	28
3.5 Ativação e Aplicação dos Inóculantes.....	28
3.5.1 EM-1®.....	28
3.5.2 Compost Aid®.....	29
3.5.3 SOIL SET®.....	30
3.5.4 Nitrogênio e Fósforo.....	30
3.6 Decomposição e Liberação de Nutrientes	30
3.7 Determinação dos teores.....	32
3.8 Análise estatística	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Caracterização bromatológica inicial e produção de matéria fresca e seca.....	34
4.2 Decomposição da fitomassa da parte aérea do <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	40
4.3 Decomposição de Hemicelulose.....	42
4.4 Decomposição dos Polifenóis Totais.....	43
4.5 Mineralização do Carbono.....	43
4.6 Mineralização do Nitrogênio	45
4.8 Mineralização do Cálcio	46
4.9 Mineralização do Magnésio.....	47
4.10 Relação Carbono/Nitrogênio	48
4.11 Relação Carbono/Fósforo	49
4.12 Relação Lignina/Nitrogênio	50
4.13 Relação Polifenóis/Nitrogênio.....	51
4.14 Relação Polifenóis + Lignina/Nitrogênio	52
4.15 Relação Lignina/ Fósforo	53
5. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do Neossolo Litólico da área experimental em função do local de amostragem	25
Tabela 2 – Características físicas do solo da área experimental em função do local de amostragem.....	25
Tabela 3 – Produção de massa fresca, massa seca, matéria orgânica, características bromatológica inicial, e constituintes orgânicos da parte aérea do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC.....	35
Tabela 4 – Concentração de nutrientes (na massa seca) inicial da fitomassa da parte aérea do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. utilizada no experimento	36
Tabela 5 – Resumo da análise de variância da percentagem de Hemicelulose (HEM), Lignina (LIG), Celulose (CEL), Polifenóis (POL), e as relações CEL/LIG, LIG/N, LIG/ P, POL/N e LIG + POL/N remanescente do resíduo do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função dos tratamentos e do tempo.....	37
Tabela 6 – Resumo da análise de variância da percentagem de Matéria seca (MS), Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), relação C/N e C/P remanescente do resíduo do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função dos tratamentos e do tempo	39
Tabela 7 – Médias e contrastes ortogonais para massa seca remanescente e as características química da fitomassa remanescente do <i>Canavalia Ensiformis</i> (L) DC. em função dos tratamentos	56
Tabela 8 – Médias e contrastes ortogonais para os teores de Polifenóis totais (POL) e as relações Polifenóis/Nitrogênio (POL/N), Lignina/Fósforo (LIG/P), Polifenóis+Lignina/Nitrogênio (POL+LIG/N), Carbono/Nitrogênio (C/N) e Carbono/Fósforo (C/P) da fitomassa remanescente do <i>Canavalia Ensiformis</i> (L) DC. em função dos tratamentos	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vinhedo Experimental do IFSERTÃO – PE, campus Petrolina Zona Rural, aonde foi instalado o experimento, Google Earth, 2015.....	24
Figura 2 – Esquema representativo da área experimental	26
Figura 3 – Detalhes da marcação dos sulcos de plantio (A), e da semeadura do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. no campo (B), em um Neossolo Litólico.	26
Figura 4 – Aspecto do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em crescimento consorciado com <i>Vitis Vinifera</i> (A), em floração (B), coleta de amostra de 2 m ² (C) e após o corte (D).....	27
Figura 5 – Biomassa remanescente, do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. recém, depositada na linha de cultivo da videira (A), fitomassa remanescente, após 30 dias (B e C), correspondente a cada tratamento.	28
Figura 6 – Leiras de fitomassa remanescente da parte aérea do <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. aos 45 dias de decomposição.....	29
Figura 7 – Determinador de fibra modelo TE-149 Tecnal®	33
Figura 8 – Fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. remanescente em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.....	40
Figura 9 – Porcentagem de Hemicelulose na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. remanescentes em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%	42
Figura 10 – Porcentagem de Polifenóis Totais remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.....	43
Figura 11 – Porcentagem de Carbono remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%.....	44
Figura 12 – Porcentagem de Nitrogênio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,05%.....	45
Figura 13 – Porcentagem de Cálcio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. no campo em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.....	47
Figura 14 – Porcentagem de Magnésio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. no campo em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%	48
Figura 15 – Relação Carbono/Nitrogênio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.....	49
Figura 16 – Relação Carbono/Fósforo remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%.....	50
Figura 17 – Relação Lignina/Nitrogênio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%.....	51
Figura 18 – Relação Polifenóis/Nitrogênio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.....	52
Figura 19 – Relação Polifenóis + Lignina/Nitrogênio remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.....	53
Figura 20 – Relação Lignina/ Fósforo remanescente na fitomassa de <i>Canavalia ensiformis</i> (L) DC. no campo em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%	54

LIMA, L. O. Decomposição e mineralização de nutrientes de fitomassa Recalcitrante em função de Probióticos, Nitrogênio e Fósforo. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFPB, Areia – PB, março de 2015. (Dissertação Mestrado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. p. 66.

RESUMO

Para que o adubo verde atenda a demanda em nutrientes, da cultura consorciada, há a necessidade de que a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais aportados ao solo ocorram em sincronismo com a curva de absorção de nutrientes da cultura de interesse comercial. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características químicas do material de difícil decomposição e estudar o efeito da aplicação de N e P, bem como a influência da ação de microrganismos específicos sobre a taxa de decomposição do material recalcitrante. Foram testados seis tratamentos mais a testemunha, sendo: T1: Testemunha (Fitomassa sem inóculos e sem a aplicação de N e P); T2: Fitomassa com inoculante Compost-aid® + Soil Set®; T3: Inoculante EM-1; T4: Compost-aid®; T5: Aplicação de Nitrogênio (Nitrato de amônia); T6: Aplicação de Fósforo (Fosfato Monopotássico - MKP); e T7: Aplicação de Nitrogênio e Fósforo. Todas as aplicações foram realizadas após 45 dias de decomposição do material no campo. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de 2,8 x 0,7 x 0,8 m, contendo 16 plantas de videiras. A leguminosa foi semeada manualmente e na floração plena, aproximadamente 90 dias após a emergência das plantas, foram cortadas a 5 cm acima da superfície do solo. Foi retirada uma subamostra da fitomassa determinando-se a massa fresca e seca da parte aérea, a composição bromatológica e o teor e acúmulo de nutrientes. Sendo sua fitomassa depositada na linha de plantio da videira, onde posteriormente foram acondicionadas as sacolas de decomposição. Para avaliar a decomposição e liberação de nutrientes *in situ*, após o corte, amostras de 600 g dos resíduos da parte aérea foram acondicionadas em sacolas de náilon de 0,3 x 0,3 m, e dispostas sobre a superfície do solo na linha da videira. Em sete tempos (0, 8, 30, 45, 60, 60 e 75), onde foram retiradas de cada sacola 20 g de resíduo, que foram secados em estufa a 65° C, onde foi determinada a quantidade de matéria seca e os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Polifenóis, Lignina, Celulose e Hemicelulose remanescentes. Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido conclui-se que: A aplicação dos probióticos favoreceu a decomposição do material recalcitrante do *Canavalia ensiformis*; Dentre os produtos testados o Compost-Aid® + Soil Set®, mostrou-se mais eficiente na decomposição do material recalcitrante do *Canavalia ensiformis*; A relação Lignina/Nitrogênio apresentou acréscimo em função do estágio de decomposição da fitomassa, o que pode ter inibido a eficiência dos organismos na degradação do material vegetal e, isto sugere que a relação Lignina/Nitrogênio mais elevada no final do intervalo experimental esteja relacionada com a não decomposição dos 100 % da fitomassa depositada; O tempo influenciou tanto a decomposição do material recalcitrante, quanto a mineralização dos macronutrientes nutrientes da fitomassa avaliada.

Palavras chaves: Adubos verdes, *Canavalia ensiformis*, Recalcitrância.

LIMA, L. O. Decomposition and mineralization of nutrients recalcitrant biomass due to Probiotics, nitrogen and phosphorus. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFPB, Areia – PB, março de 2015. (Dissertação Mestrado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. p. 66.

ABSTRACT

For green manure meets the demand for nutrients, the consortium culture, there is the need for the decomposition and release of nutrients from plant residues added to the soil occur in synchronism with the nutrient absorption curve of commercial interest culture. The objective of this study was to evaluate the chemical characteristics of difficult to decompose materials and study the effect of N and P, and the influence of the action of specific microorganisms on the rate of decomposition of recalcitrant material. Six treatments plus the control were tested: T1: Witness (phytomass without inoculants and without the application and NP); T2: phytomass with inoculant Compost-Aid® + Soil Set®; T3: Inoculum EM-1; T4: Compost-Aid®; T5: Nitrogen Application (ammonium nitrate); T6: Match application (phosphate Monopotassium - MKP); and T7: Nitrogen and Phosphorus Application. All applications were made after 45 days of decomposition of the material in the field. The treatments were arranged in a randomized block design with four replications. Each experimental unit consisted of 2.8 x 0.7 x 0.8 m, containing 16 plants vines. The legume was sown by hand and in full bloom, approximately 90 days after plant emergence, were cut to 5 cm above the soil surface. Was removed from a sub-sample of biomass determining the fresh weight and shoot dry, chemical composition and the content and accumulation of nutrients. Since its biomass deposited on the vine planting line, where they were later put the bags of decomposition. To evaluate the decomposition and release of nutrients in situ, after cutting, 600 g samples of shoot residues were packed in 0.3 x 0.3 m nylon bags and disposed on the ground surface in the line of vine. In seven times (0, 8, 30, 45, 60, 60 and 75), which were taken from each bag 20 g of residue, which were dried in an oven at 65 ° C, where it was determined the amount of dry matter and the contents C, N, P, K, Ca, Mg, polyphenols, lignin, cellulose and hemicellulose remaining. The conditions under which the work was carried out it is concluded that: The application of probiotics favored the decomposition of recalcitrant material *Canavalia ensiformis*; Among the products tested the Compost-Aid® + Soil Set®, proved to be more efficient in the decomposition of recalcitrant material *Canavalia ensiformis*; The relationship lignin / nitrogen showed an increase due to the decomposition stage of biomass, which may have inhibited the effectiveness of organisms in the degradation of plant material and this suggests that the most highest lignin / nitrogen at the end of the experimental range is related to not 100% decomposition of the deposited biomass; The time has influenced the decomposition of recalcitrant material, as the mineralization of nutrients macronutrients of assessed biomass.

Key words: Green manures, *Canavalia ensiformis*, recalcitrance.

1. INTRODUÇÃO

O uso de adubos verdes tem ganhado importância tanto nos cultivos temporários como permanentes, a exemplo da fruticultura. No entanto, para que o adubo verde atenda a demanda em nutrientes, da cultura consorciada, há a necessidade de que a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais aportados ao solo ocorram em sincronismo com a curva de absorção de nutrientes da cultura de interesse comercial. O conhecimento desse sincronismo é fundamental, uma vez que a adesão dessa tecnologia ao sistema produtivo contribuirá para manter e melhorar a fertilidade do solo, favorecendo o aumento da produtividade de culturas de interesse agrícola; para a proteção do solo contra agentes erosivos, impedindo sua degradação; para a redução e substituição ao uso de fertilizantes químicos, uma vez que participam ativamente na ciclagem de nutrientes e adicionam carbono orgânico ao solo, por meio da fotossíntese; e o controle de plantas espontâneas, reduzindo o uso de herbicidas e consequentemente o impacto deste ao ambiente. Quando se trata do manejo do solo com leguminosas, as plantas adicionam, também, quantidades significativas de nitrogênio (N), por meio do processo de fixação biológica (FBN) em simbiose com bactérias (CARVALHO, 2013).

Após o manejo, a permanência da fitomassa produzida pelos adubos verdes na superfície do solo e a velocidade de liberação de nutrientes dos mesmos, dependem da sua taxa de decomposição. A decomposição da fitomassa produzida pelos adubos verdes aportados na superfície do solo é realizada, essencialmente, pelos microrganismos heterotróficos que, nesse processo, obtêm elementos essenciais para a sua nutrição e o carbono necessário à produção de energia e formação de tecidos microbianos. Porém, a velocidade deste processo é determinada por fatores bióticos e abióticos que definem a persistência dos resíduos na superfície do solo (ESPÍNDOLA et al., 2006).

Entre os fatores que afetam a taxa de decomposição da fitomassa oriundas de adubos verdes estão, às peculiaridades relacionadas as estruturas químicas das moléculas, à bioquímica (enzimas e rotas degradativas), às condições edafoclimáticas de cada região, regime hídrico, a população de microrganismos decompositores, o teor de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis no tecido vegetal, uma vez que quanto mais altos forem esses teores, menor será a sua decomposição. Outro fator importante é o teor de P e a concentração de N na fitomassa, pois, o N é o fator limitante para o crescimento e atividade microbiana durante o processo de decomposição, além das relações C/N, C/P, lignina/N e lignina + polifenóis/N (PADOVAN, et al., 2013; DERPSCH et al., 2010; ACOSTA et al., 2014; MOREIRA E SIQUEIRA, 2006).

Em condições semiáridas, preconiza-se a adição de elevadas quantidades de fitomassa, compensando a rápida decomposição de parte desse material, a fim de manter a superfície do solo protegida pelo maior período de tempo possível e para incrementar o teor de matéria orgânica do solo. No entanto, em condições semiáridas irrigadas, FREITAS, (2010), ao avaliar a taxa de decomposição do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.), observou que a leguminosa apresenta uma rápida decomposição na fase inicial, nos primeiros quinze dias; seguida de uma mais lenta, apresentando ainda 38 % de material de difícil decomposição (recalcitrante), que não foram disponibilizadas para o sistema, ocasionando assim, prejuízos para o produtor.

No entanto, a literatura sobre material recalcitrante; disponibilidade de tecnologia para promover a decomposição desse material; incremento de C e nutrientes no solo sem despender longos períodos e elevado custo financeiro durante o ciclo de absorção da cultura, é praticamente inexistente. Dessa forma, justifica-se que a quantidade de fitomassa aportada à superfície do solo pelo feijão de porco, utilizado como adubo verde, seja investigada quanto a sua taxa de decomposição e a mineralização de nutrientes. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a decomposição do material recalcitrante a partir da inoculação de probióticos e equilíbrio dos teores de N e P, através da aplicação de fontes minerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo de resíduos vegetais

O tecido vegetal é composto predominantemente de polissacarídeos estruturais, celulose e hemicelulose, seguidos de lignina, proteínas e substâncias solúveis tais como açúcares, aminoácidos, aminoaçúcares e ácidos orgânicos. As ligninas são polímeros complexados de estrutura não totalmente conhecida. Sua composição, estrutura e quantidade variam de acordo com o tecido, os órgãos, a origem botânica, a idade da planta e os fatores ambientais. As ligninas presentes em leguminosas, geralmente, são mais condensadas e se encontram em maior quantidade, para um mesmo estágio de maturidade, do que às encontradas em gramíneas. A celulose é o polissacarídeo mais abundante da natureza e o principal constituinte da maioria das paredes celulares, seu teor varia de 20 a 40% na base seca de plantas superiores. A hemicelulose é uma coleção heterogênea de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose. Apresenta ampla variação entre os tipos de hemicelulose e as espécies vegetais, sendo 10 a 25% da matéria seca das forragens (VAN SOEST, 1994).

Além desses constituintes, o tecido vegetal contém proporções variáveis de cutina, polifenóis e sílica. Tal composição está intimamente relacionada às condições nutricionais a que as plantas foram submetidas durante o seu ciclo de cultivo e ao estágio de desenvolvimento em que a mesma foi manejada (AITA et al., 2014; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A escolha do momento de manejar a fitomassa dos adubos verdes terá reflexos sobre as quantidades remanescentes de resíduos culturais e sobre a velocidade de liberação dos nutrientes, uma vez que quanto mais próximo do final do ciclo vegetativo eles forem manejados, mais lenta será a decomposição de seus resíduos culturais. Isso porque a composição bioquímica do tecido vegetal muda significativamente em função da idade da planta (WAGGER, 1989). Portanto, quanto menor o teor de nitrogênio e maior o de lignina, menor será a taxa de decomposição dos resíduos culturais. Em função disso, resíduos culturais de plantas jovens são decompostos mais rapidamente do que os de plantas mais velhas e, como resultado, liberam proporcionalmente mais nutrientes (AITA et al., 2014).

A biodiversidade do solo tropical é uma característica fundamental para a produção de alimentos saudáveis e a garantia de perenidade produtiva. Manter ou aumentar a biodiversidade do solo talvez seja o maior desafio da agricultura moderna, trazendo um novo paradigma: a qualidade do solo agrícola (PECHE FILHO et al., 2014).

A fitomassa produzida pelas leguminosas utilizadas como adubos verdes pode ser manejada manualmente com o auxílio de roçadeiras e estrovas e/ou mecanicamente com o auxílio de diferentes máquinas ou implementos agrícolas. Para que tal manejo seja eficiente é necessário dominar três práticas que norteiam a qualidade operacional do procedimento, tais como acamamento ou tombamento; picagem ou fragmentação com incorporação; e picagem ou fragmentação com dispersão em superfície.

2.2 Decomposição de resíduos vegetais

No sistema de produção agrícola atual, em que se buscam alternativas para se produzir sem maiores danos ao meio ambiente, principalmente, ao solo, a manutenção da fitomassa da parte aérea das leguminosas em superfície é essencial, pois, trata-se de uma alternativa barata e eficiente, que o protege dos fatores climáticos e funciona como um reservatório de nutrientes, que lentamente são liberados para as culturas de interesse comercial através da ação de microrganismos.

Para que tal alternativa seja eficiente, além da quantidade de fitomassa presente no solo é necessário também ter o conhecimento da velocidade de decomposição da fitomassa vegetal, uma vez que o conhecimento da velocidade de decomposição dos resíduos vegetais, está diretamente ligado ao sucesso da implantação de um sistema conservacionista, o que poderá ajudar no planejamento de práticas conservacionistas que visam otimizar os benefícios da fitomassa durante períodos pelos quais ocorre sua decomposição (SOUSA, 2013).

O processo de decomposição da fitomassa de adubos verdes pode ser definido como a transformação de compostos químicos complexos em outros mais simples, realizada, principalmente, por microrganismos através de seu metabolismo. No caso da decomposição da fitomassa vegetal, esse processo envolve um amplo espectro de microrganismos, os quais diferem quanto a sua capacidade de sintetizar enzimas necessárias à degradação dos diversos compostos orgânicos produzidos pela planta durante a fotossíntese (SWIFT et al., 1979; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; BERG & MCCLAUGHERTY, 2008; AITA et al., 2014).

Vários fatores exercem influência no processo de decomposição e mineralização de nutrientes, tais como: as características químicas do resíduo vegetal, a relação carbono/nitrogênio (C/N), uma vez que a relação C/N assume importante papel na decomposição e na imobilização/mineralização de nitrogênio do solo, os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), lignina, celulose, hemicelulose, polifenóis e as relações C/P, lignina/N, celulose/lignina e fósforo/lignina (ARATO, 2006). Além disso, os fatores ambientais e a quantidade de material adicionado na superfície do solo, influenciam diretamente a atividade dos microrganismos decompositores (COSGROVE, 1967; BROWN & DICKEY, 1970;

MASON, 1980; CAMPBELL et al., 1981; DICK, 1983; JANZEN & KUCEY, 1988; SMITH & SHARPLEY, 1990; CANTARELLA et al., 1992; RANNELS & WAGGER, 1992; OLIVEIRA, 2012; HEINZ et al., 2011).

O fósforo por se tratar de um elemento constituinte das membranas celulares além de compostos ligados à transferência de energia, no início do processo de decomposição dos resíduos vegetais, apresenta uma redução significativa. Os teores de P na fitomassa variam significativamente em função das espécies e da época de amostragem. As espécies da família das leguminosas, por apresentarem elevados teores de P, apresentam alto potencial de utilização em plantios mistos ou solteiros para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que propiciam melhores condições para a decomposição da sua fitomassa depositada na superfície do solo por meio da movimentação interespecífica de nutrientes, favorecida por meio da translocação do P pelas hifas de fungos e pela fauna do solo (ARATO, 2006; TERROR et al., 2011).

A mineralização de P da serapilheira observado por Costa et al. (2005), oscilou entre pequenas liberações e imobilizações, ocorrendo a efetiva liberação (10 a 19%), durante o período de maiores precipitações pluviométricas, sendo observado que o acúmulo de P alcançou valor máximo aos 286 dias, sem que houvesse liberação líquida no final do período de decomposição. Desta forma concluíram que nas condições em que o trabalho foi desenvolvido o nível de acúmulo de P seria um indicativo de que este elemento foi o nutriente mais limitante do processo de decomposição. Da mesma forma, Gama-Rodrigues et al. (2003) concluíram que o P, e não o N, seria o nutriente mais limitante para a decomposição da fitomassa das espécies estudadas por eles.

Dentre os microrganismos envolvidos no processo de decomposição, as bactérias, os actinomicetos e os fungos são os principais decompositores presentes no solo; dependendo das condições ambientais e do tipo de resíduo cultural, ocorre a predominância de um ou outro grupo (WARDLE & LAVELL, 1997; AITA et al., 2014). De acordo com Wagner & Broder (1993), os fungos exercem um papel dominante no controle da decomposição da fitomassa. Além disso, a população e a diversidade de fungos estão relacionadas com a localização da biomassa no solo, uma vez que na presença de fitomassa vegetal na superfície do solo, a biomassa microbiana é composta por uma maior proporção de fungos, comparada aquela presente no solo onde os resíduos vegetais foram incorporados. Vale salientar que, quando os resíduos são deixados na superfície do solo, a população de fungos é maior de que a de bactérias e isso deve-se à capacidade que os fungos possuem de se desenvolver sobre os resíduos, obtendo nutrientes e água do solo por meio de suas hifas (WHIT & RICE, 2009; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A população e composição microbiana pode variar também em função do estágio de decomposição do substrato. Pois de acordo com Ingham & Horton (1987), houve um aumento significativo da relação fungos/bactérias durante a decomposição de materiais de elevada relação C/N, além disso o pico de desenvolvimento da população bacteriana ocorreu na fase inicial da decomposição, com diminuição da população das bactérias após a primeira semana. Assim, após a exaustão dos compostos orgânicos mais facilmente decomponíveis, a população bacteriana se mantém nos resíduos, entretanto, em número menor e alimenta-se, provavelmente, dos carboidratos produzidos pelos fungos (AITA et al., 2014).

A permanência da população microbiana no ambiente depende de vários fatores, sendo necessário em alguns casos a intervenção do homem, através da inoculação de probióticos comerciais na biomassa presente na superfície do solo, afim de, aumentar a população de microrganismos e favorecer a decomposição dos resíduos vegetais, principalmente, os recalcitrantes.

Pode-se definir como recalcitrante, materiais orgânicos que apresentam taxa de decomposição muito baixa. Na biomassa os substratos primários, como glicose, glicina e celulose, são decompostos rapidamente, enquanto que a lignina, melanina e ácido húmico, que são macromoléculas complexas, são considerados recalcitrantes e tendem a se acumular no solo por longos períodos, imobilizando grandes quantidades de carbono e nutrientes. Portanto, o teor de lignina relaciona-se inversamente com a taxa de decomposição da fitomassa vegetal, uma vez que em materiais lignocelulósicos, a lignina protege a celulose e a hemicelulose das enzimas que digerem esses polissacarídeos. A degradação da lignina no solo dá-se, principalmente, por grupos especializados de Basidiomicetos pertencentes à ordem Agaricales e por alguns Ascomicetos. Entre os mais eficientes estão os *Pleurotus ostreatus*, *Phanerochaete versicolor* e *Phanerochaete chrysosporium*, sendo o último exemplo típico de decompositor da lignina. Vale salientar que, esses fungos degradam tanto a lignina quanto a celulose (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

No entanto, além da qualidade dos resíduos vegetais presentes o sistema e a diversidade microbiológica, o clima é o fator que mais explica as variações de taxa de decomposição, pois, as baixas temperaturas e a estiagem diminuem o metabolismo dos organismos decompositores, assim suas atividades são diminuídas (CASTANHO, 2005).

2.3 Feijão de Porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.)

O feijão de porco é uma leguminosa anual, rústica e de hábito herbáceo, originária da América Tropical. É muito cultivada em regiões tropicais e equatoriais. É resistente às altas

temperaturas e ao déficit hídrico. Não tem boa palatabilidade, sendo, portanto, pouco usada como pastagem, podendo ser tóxica aos animais. Essa espécie é recomendada para adubação verde, sendo cortada e incorporada ao solo no início da floração, aproximadamente 120 dias após o plantio (RODRIGUES et al., 2004). Em condições semiárida, irrigada sua floração ocorre, aproximadamente 90 dias após o plantio (FREITAS, 2010; OLIVEIRA, 2012; LIMA, 2013).

Possui crescimento herbáceo ereto não trepador, atingindo 1,2 a 1,5 metros de altura. Tem uma produtividade entre 20 a 40 toneladas de matéria verde e 4 a 8 toneladas de matéria seca por hectare por ciclo de 120 dias. Fixa entre 120 a 280 kg ha⁻¹ de N por ciclo. Além disso, possui efeito alelopático sendo muito usada no controle da tiririca (BARRETO et al., 2006; FORMENTINI et al., 2008).

Segundo Carvalho et al. (1998) o sistema radicular do feijão de porco ao penetrar na camada coesa melhorou as propriedades físicas do solo permitindo maior aprofundamento do sistema radicular dos citros, além de aumentar a infiltração e o armazenamento de água. Também favoreceu a melhoria dos percentuais de matéria orgânica no solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Estudo realizado utilizando varias espécies de leguminosas dentre elas o feijão de porco, em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, no Estado de São Paulo, mostrou que o maior teor de matéria orgânica favoreceu o aumento da estabilidade de agregados, expresso pelo maior teor de macroagregados e menor teor de microagregados estáveis em água (LUCA et al., 2008).

Em um Argissolo Vermelho distrófico arênico do Rio Grande do Sul, após 16 anos, Lanzanova et al. (2010), constataram que o sistema de semeadura direta com uso de plantas de cobertura do solo (feijão de porco, azevém, ervilhaca, nabo forrageiro e mucuna cinza) foi eficiente em manter os atributos físicos em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Ao trabalhar com adubação verde em vinhedo orgânico no submédio do São Francisco, onde avaliou a taxa de decomposição de quatro variedades de leguminosas dentre elas o feijão de porco, Freitas (2010), observou que as leguminosas apresentam respostas da decomposição semelhantes, com uma fase inicial rápida, nos primeiros quinze dias; seguida de uma mais lenta. Ao término do intervalo experimental (trinta dias), o feijão de porco apresentou o menor percentual de matéria seca remanescente (38 %), com taxas de decomposição, nas primeiras semanas, superiores a 4,9 % dia⁻¹.

O consórcio de milho com seis plantas de feijão de porco por metro lineal proporcionou maiores diferenças na composição da comunidade de plantas espontâneas em relação aos demais sistemas (CORREA et al., 2014).

Em condições Semiárida irrigada, recomenda-se realizar o plantio do feijão de porco, com 5 plantas por metro linear, espaçadas a 50 cm (FORMENTINI et al., 2008; FREITAS, 2010; LIMA, 2013).

2.4 Probióticos Comerciais

2.4.1 EM-1®

O EM-1® é um produto natural elaborado com microrganismos eficazes que aceleram a decomposição natural de matérias orgânicas. Os microrganismos contidos no EM-1® são benéficos e altamente eficientes. Estes microrganismos não são nocivos, patogênicos, geneticamente modificados e nem quimicamente sintetizados. São microrganismos naturais bem conhecidos como as leveduras e as bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus*), que promovem um processo de fermentação antioxidante benéfico, acelera a decomposição da matéria orgânica e promove o equilíbrio da flora microbiana.

Os microrganismos contidos no EM® pertencem a três grupos, e estes são as bactérias ácido - láticas (usadas na elaboração de iogurte, queijos, etc.), leveduras (usadas para pães, cervejas, vinhos, etc.) e bactérias fototróficas ou fotossintéticas (presentes nas algas verdes e em qualquer partícula de solo).

Assim como nos processos de fermentação conhecidos, o EM® acelera a quebra de compostos como as proteínas, açúcares, gorduras e fibras, promovendo a rápida decomposição da matéria orgânica. Além disso, o EM® trabalha em duas vias primárias: a) por exclusão competitiva de outros microrganismos que são nocivos, e b) pela produção de subprodutos benéficos que promovem a saúde do meio ambiente como enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, hormônios e antioxidantes. O EM® é facultativo, o que permite estender seus benefícios a ambientes anaeróbicos e aeróbicos. Por atuar através de fermentação, o uso do EM® ajuda na eliminação de maus odores. O principal produto da Tecnologia EM é o EM-1®. Atualmente, o EM-1® é comercializado em vários países de América Latina como México, Belize, Guatemala, Peru Brasil, entre outros.

2.4.2 SOIL SET®

O SOIL SET® é um produto a base de enzimas responsáveis pela quebra das cadeias complexas como a celulose e a lignina, auxiliando o ataque dos microrganismos promovendo uma mineralização mais rápida através da disponibilização de ácidos orgânicos e nutrientes. Atua diretamente em materiais de difícil atividade microbiológica quebrando cadeias mais lignificadas; Melhora na sanidade do biofertilizante eliminando e/ou reduzindo

microrganismos indesejáveis como: *Salmonella* e *Escherichia Coli*; Possui probióticos que atuam diretamente sobre microrganismos fitopatogênicos.

2.4.3 COMPOST AID®

O COMPOST AID® é obtido através da mistura de Complexo enzimático, *L plantarum*, *B subtilis*, *E faecium*, que aceleram o processo de compostagem, de forma totalmente natural, convertendo materiais orgânicos em um composto estável com baixa relação C/N pronto para ser utilizado. As bactérias presentes no COMPOST-AID® transformam os carboidratos e proteínas em biomassa natural enriquecida (Composto Orgânico). Promove o crescimento de radículas, melhora a flora microbiana do solo, reduz o efeito da salinização, efeitos nutricionais, elicitores, trofobióticos e bioestimulantes, harmonização solo-planta-ambiente, compostos livres de *Salmonella* pela ação do *B subtilis*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, clima e solo

O experimento foi conduzido no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF-Sertão PE), campus Petrolina Zona Rural, localizado na cidade de Petrolina – PE, Submédio São Francisco, (9° 20' 23,33", 40° 41' 23,86" Oeste região e 421 m de altitude) (Figura 1). O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h semiárido quente, com precipitação pluviométrica anual inferior a 216,3 mm, (em Petrolina a média é de 510 mm anuais), distribuídos irregularmente entre os meses de novembro a abril. As temperaturas médias, nos meses correspondente ao período de avaliação da taxa de decomposição dos resíduos vegetais, oscilou entre 25 e 28 °C, com uma média anual de 26,4 °C, e a evapotranspiração é da ordem de 7,7 mm dia⁻¹ (Embrapa Semiárido, 2015).



Figura 1 – Vinhedo Experimental do IFSERTÃO – PE, campus Petrolina Zona Rural, aonde foi instalado o experimento, Google Earth, 2015.

O solo da área experimental é classificado como um Neossolo Litólico, de textura Areia franca, e suas características químicas e físicas, foram determinados de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (1997), (Tabelas 1 e 2). O vinhedo onde se instalou o experimento foi instalado há 11 anos, e se encontra em processo de conversão do sistema convencional para o orgânico, há sete anos. É cultivado com as variedades *Cabernet Sauvignon*, *Alicante Bouschet* e *Petite Syrah*, conduzidas em espaldeira com espaçamento de 3,5 x 1,2 m, sob irrigação por microaspersão.

Tabela 1 – Características químicas do Neossolo Litólico da área experimental em função do local de amostragem

Determinações	Unidade	Local da amostragem	
		Entre linhas do plantio da videira	
		0 – 20 cm	
Matéria orgânica	g Kg ⁻¹	7,20	
pH em H ₂ O 1:2,5	-	7,35	
Fósforo	mg dm ⁻³	30,00	
Potássio	cmol _c dm ⁻³	0,20	
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	5,88	
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	4,04	
Sódio	cmol _c dm ⁻³	0,02	
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,05	
Ac. Potencial	cmol _c dm ⁻³	0,76	
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	10,14	
Capacidade de troca catiônica a pH 7	cmol _c dm ⁻³	10,90	
Saturação de bases	%	93,03	

Análises realizadas, segundo a metodologia da EMBRAPA (1997), no Laboratório de Análise de Solo e Plantas do IF Sertão – PE, Campus Petrolina Zona Rural.

Tabela 2 – Características físicas do solo da área experimental em função do local de amostragem

Determinações	Unidade	Local da amostragem	
		Entre linhas do plantio da videira	
		0 – 20 cm	20 – 40 cm
Areia Total	g kg ⁻¹	747,66	686,92
Sílte	g kg ⁻¹	218,59	174,57
Argila	g kg ⁻¹	33,38	138,5
Densidade das partículas	g cm ⁻³	2,50	2,52
Densidade do solo	g cm ⁻³	1,56	1,59
Porosidade total	%	38,88	38,74

Análises realizadas, segundo a metodologia da EMBRAPA (1997), no Laboratório de Análise de Solo e Plantas do IF Sertão – PE, Campus Petrolina Zona Rural.

3.2 Instalação e condução do experimento

O feijão de porco, cuja fitomassa foi utilizada nos tratamentos, foi semeado em blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada bloco constituiu-se de 80 m², contendo 16 plantas de videiras, na parte central. Para eliminar o efeito de bordadura, foi deixado duas plantas e uma fileira de plantas entre as unidades experimentais vizinhas, na fileira e entre essas, respectivamente. O plantio da leguminosa iniciou-se a 50 cm da fileira da videira (Figura 2).

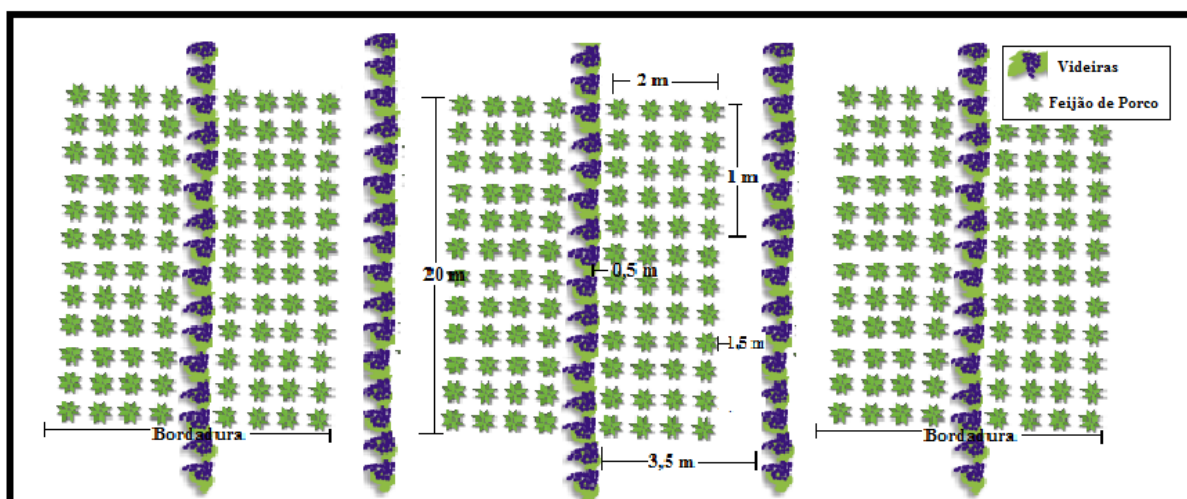


Figura 2 – Esquema representativo das parcelas experimentais

O preparo da área foi feito com uma aração e uma gradagem, seguido da marcação das parcelas experimentais e abertura dos sulcos no espaçamento de 0,5 m, com uma distribuição de cinco plantas por metro linear (FREITAS, 2010; LIMA, 2013). O semeio foi realizado manualmente, utilizando-se, por metro linear o dobro do número de sementes (dez sementes), estimado a partir dos testes de germinação, em laboratório. Após a emergência a população das plantas foi ajustada por desbaste manual (Figura 3).



Figura 3 – Detalhes da marcação dos sulcos de plantio (A), e da sementeira do *Canavalia ensiformis* (L) DC. no campo (B), em um Neossolo Litólico

Durante o experimento realizou-se o manejo usual da cultura da videira, poda, desbrota, desponta, desfolha, e eliminação de gavinhas. O controle de pragas e doenças foi realizado com aplicação de calda sulfocálcica a 2% associada com supermagro a 3%, obedecendo o monitoramento fitossanitário da área. A lâmina de água diária aplicada na cultura da videira e nas leguminosas foi calculada com base na evapotranspiração de referência e distribuída pelo sistema de irrigação por microaspersão. O controle da vegetação

espontânea foi realizado com capinas manual e por roços periódicos, para evitar o sombreamento das leguminosas.

3.3 Avaliações

3.3.1 Produção de Biomassa da parte aérea do feijão de porco

Na floração plena do feijão de porco, 60 dias após plantio, as plantas foram ceifadas a 5 cm acima da superfície do solo, em uma área de 2 m², de cada parcela experimental (Figura 4).



Figura 4 – Aspecto do *Canavalia ensiformis* (L) DC. em crescimento consorciado com *Vitis Vinifera* (A), em floração (B), coleta de amostra de 2 m² (C) e após o corte (D)

Para estimar a produção de matéria fresca da parte aérea, as amostras coletadas foram levadas para o laboratório de Análise de Solos e Plantas do IFSERTÃO-PE, campus Petrolina Zona Rural, onde foram pesadas, obtendo-se assim a matéria fresca da parte aérea, em seguida, retirou-se uma subamostra, cerca de 100 g, que foi acondicionada em saco de papel, e seca em estufa, com circulação de ar forçada, à 65°C, para determinação da massa seca da parte aérea e a relação massa fresca / seca. Posteriormente foram trituradas em moinho tipo Willey, passadas em peneiras de 1 mm; em seguida, determinou-se os teores de C, N, P, K, Ca, e Mg, em g kg⁻¹, quantificando-se, assim, o acúmulo destes nutrientes em t ha⁻¹ na biomassa da parte aérea da leguminosa, bem como os teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis. A fitomassa remanescente no campo foi ceifada e depositada na

linha de cultivo da videira, formando assim as leiras, onde as “*litter bags*” posteriormente foram acondicionadas (Figura 5).



Figura 5 – Biomassa remanente, do *Canavalia ensiformis* (L) DC. recém, depositada na linha de cultivo da videira (A), fitomassa remanente, após 30 dias (B e C), correspondente a cada tratamento

3.4 Delineamento experimental

Foram testados sete tratamentos, sendo: Testemunha (T1) - fitomassa sem inóculos e sem a aplicação e NP; (T2) Compost-aid® + Soil Set®; (T3) EM-1; (T4) Compost-aid®; (T5) Nitrogênio (Nitrato de amônia); (T6) Aplicação de Fósforo (Fosfato Monopotássico - MKP); e (T7) Nitrogênio + Fósforo. Os tratamentos foram aplicados na fitomassa 45 dias de decomposição no campo. Sendo distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de 2,8 x 0,7 x 0,8 m, contendo 20 plantas de videiras.

3.5 Ativação e aplicação dos inoculantes

3.5.1 EM-1®

A dose do inoculante foi empregada de acordo com recomendação técnica. Para ativação do inoculante, diluiu-se um litro de inoculante concentrado em um litro de melão de cana e 18 litros de água sem cloro. Foi utilizado um recipiente plástico, limpo e com tampa rosqueada, que permitiu o fechamento hermético, evitando assim a entrada de ar. Onde foi agitado até formar uma solução homogênea. Tampado para manter as condições herméticas, e deixado fermentar por quatro dias. Durante a fermentação há produção de gás no interior do recipiente. O qual foi aberto o suficiente para extrair o excesso de gás. Depois de quatro dias, ocorreu a mudança de cor, apresentando um cheiro agridoce agradável, lembrando o cheiro de um licor. Neste momento, o produto foi aplicado, conforme recomendação técnica. A dose

recomendada foi dividida em partes iguais para cada repetição, onde cada unidade recebeu 5 litros do produto ativado. As leiras, onde as “litter bags” estavam acondicionadas, tinham dimensão de 0,5 m de altura x 0,7 m de largura x 2,8 m de comprimento (Figura 6).



Figura 6 – Leiras de fitomassa remanescente da parte aérea do *Canavalia ensiformis* (L) DC., aos 45 dias de decomposição.

Antes da aplicação dos probióticos, em cada tratamento, as “litter bags”, foram submergidas e a solução remanescente foi pulverizada sobre as leiras, com o auxílio de uma bomba costal.

O probiótico EM-1[®] é produzido pela AMBIEM LTDA - BRASIL (<http://www.em-la.com>) e comercializado por diversos representantes, a R\$ 29,00 o litro da cultura mãe. A dose recomendada para produção de composto orgânico é de 5,0 L do probiótico ativado por tonelada de resíduo, o que requer 0,25 L da cultura mãe (1,0 L EM[®] cultura mãe/18,0 L de água + 1 L melação de cana = 20 L de EM[®] ativado). Portanto, o custo do probiótico fica em torno de R\$ 7,25, por tonelada de resíduo, o que justificaria seu emprego, caso comprovado sua eficiência na redução do tempo de decomposição.

3.5.2 COMPOST - AID[®]

A dose aplicada nos tratamentos foi de 150 gramas do produto por tonelada de resíduo, conforme recomendação técnica. A dose recomendada foi dividida em partes iguais para cada repetição, onde cada unidade recebeu 5 litros do produto ativado. Antes da aplicação dos inoculantes, em cada tratamento, as “litter bags”, foram submergidas e a solução remanescente foi pulverizada sobre as leiras, com o auxílio de uma bomba costal.

O COMPOST AID® é produzido pela IMPROCROP DO BRASIL LTDA (www.alltechcropscience.com.br) e comercializado por diversos representantes, a R\$199,95 a embalagem com dois quilos da cultura mãe. A dose recomendada para produção de composto orgânico é de 150g por tonelada. Portanto, o custo do probiótico fica em torno de R\$ 15,00, por tonelada de resíduo, o que justificaria seu emprego, caso comprovado sua eficiência na redução do tempo de decomposição.

3.5.3 SOIL SET®

O inoculante foi empregado na dose de 150 ml do produto para mil litros de água. Para ativação do inoculante, diluiu-se 3 ml de inoculante concentrado em 12 g de açúcar e 20 litros de água, conforme recomendação técnica. Após a ativação, foi deixado em repouso por oito dias para que ocorresse a fermentação completa. O volume do recipiente foi misturado três vezes ao dia, para evita a formação de bactérias e aparecimento de odores indesejáveis. A dose recomendada foi dividida em partes iguais para cada repetição, onde cada unidade recebeu 5 litros do produto ativado. Antes da aplicação dos inoculantes, em cada tratamento, as “litter bags”, foram submergidas e a solução remanescente foi pulverizada sobre as leiras, com o auxílio de uma bomba costal.

O SOIL SET® é produzido pela IMPROCROP DO BRASIL LTDA (www.alltechcropscience.com.br) e comercializado por diversos representantes, a R\$98,00 a embalagem com um litro da cultura mãe. A dose recomendada para produção de composto orgânico é de 150 ml para cada 1.000 L de água. Portanto, o custo do inoculante fica em torno de R\$ 14,70, por 1.000 L de resíduo, o que justificaria seu emprego, caso comprovado sua eficiência na redução do tempo de decomposição.

3.5.4 Nitrogênio e Fósforo

Para a correção das relações C/N e C/P, foram utilizados produtos comerciais (Nitrato de amônio e Fosfato Monopotássico - MKP). A dose recomendada de Nitrogênio foi de 365 g, sendo diluídos 1.351 g de Nitrato de amônio, uma vez que o mesmo possui apenas 27% de Nitrogênio e 248 g de Fósforo, onde foram diluídas 477 g de MKP, pois o mesmo apresenta 52% de Fósforo. A solução proveniente da diluição foi dividida em partes iguais para cada repetição, onde cada unidade recebeu 5 litros do produto ativado. Antes da aplicação dos inoculantes em cada tratamento, as “litter bags” foram submergidas e a solução remanescente foi pulverizada sobre as leiras com o auxílio de uma bomba costal.

3.6 Decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa da parte aérea do feijão de porco

Para avaliação da decomposição e liberação de nutrientes das biomassas da parte aérea da leguminosa, instalou-se um ensaio usando “litter bags” (sacolas de náilon). Cada unidade experimental consistiu em uma sacola de náilon (0,3 x 0,3 m) contendo, aproximadamente, 600 g de biomassa fresca.

As sacolas foram dispostas sobre a superfície do solo na linha da videira, na parcela experimental de onde foi retirado o material para o seu preenchimento e cobertas com os resíduos vegetais provenientes do corte das leguminosas, de forma que o material, em seu interior, permanecesse em condições idênticas às do material em seu em torno. A avaliação da decomposição e liberação de nutrientes foi feita ao longo do tempo, realizando-se sete coletas: aos 0, 8, 30, 45, 60, 68 e 75 dias, contados a partir da colocação das sacolas no campo. No período de amostragem, as sacolas foram levadas para o laboratório, limpas manualmente, e pesadas, retirando-se, de cada, uma subamostra, em seguida eram devolvidas ao mesmo local no campo.

As subamostras retiradas de cada sacola foram pesadas e secadas em estufa a 65 °C até atingir massa constante, calculando a relação massa fresca/massa seca e, em seguida, moídas e determinados os teores de C, N, P, K, Ca e Mg.

A matéria seca decomposta foi calculada pela diferença entre a massa inicial e a massa final determinada ao final de cada período de avaliação, fazendo sempre a correção da massa retirada a partir da primeira subamostra, obtendo-se, assim, o percentual de massa seca remanescente dos resíduos, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\% \text{ msr} = \{ 1 - [(m_{si} - m_{sf}) / m_{si}] \} * 100$$

Sendo:

% msr = percentual de massa remanescente no tempo (8, 30, 45, 60, 68 ou 75 dias), em %;

m_{si} = g de massa seca no início do tratamento; e

m_{sf} = g de massa seca corrigida no final de cada período avaliado.

A partir dos teores de nutrientes determinados em cada período, estimou-se a quantidade de nutrientes remanescentes nos resíduos das leguminosas pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ nsr} = \{ 1 - [(AN_i - AN_f) / AN_i] \} * 100$$

Sendo:

% nsr = percentual do nutriente remanescente no tempo (8, 30, 45, 60, 68 ou 75 dias), em %;

ANi = acúmulo inicial do nutriente presente no resíduo, em $g\ g^{-1}$; e

ANf = acúmulo final do nutriente no final de cada período avaliado, em $g\ g^{-1}$.

3.7 Determinação dos teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Hemicelulose, Celulose, Lignina e Polifenóis, na biomassa de parte aérea do feijão de porco

As subamostras, oriundas da fitomassa da parte aérea do feijão de porco, corresponde a cada tratamento, foram analisadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas, do - (IF – SERTÃO PE), Campus Petrolina Zona Rural. As análises bromatológica foram realizadas no Laboratório de Produção Animal da Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE. Os teores de polifenóis totais foram determinados no Laboratório de Águas do IFSERTÃO – PE, Campus Petrolina.

Os teores de C na biomassa da parte área do feijão de porco foram obtidos pelo método da oxidação do C das amostras por dicromato de potássio em meio ácido, seguido de titulação do Cr^{6+} em excesso por sulfato de ferro (TEDESCO et al., 1995). O procedimento para a análise de N baseou-se na digestão sulfúrica, seguida de destilação a vapor em semimicro Kjeldahl e titulação. O P, K, Ca e Mg foram determinados por digestão com ácido nítrico perclórico na proporção 2:1, sendo o P quantificado por espectrofotometria de absorção molecular, pelo método colorimétrico vanadato – molibdato, o K por fotometria de emissão de chama (NOGUEIRA et al., 2005), e o Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA) do feijão de porco foi obtido pelo método convencional descrito por Van Soest, (1963) e Van Soest (1967), respectivamente, no Laboratório de Nutrição Animal, da Embrapa - Semiárido. Os reagentes necessários para preparar um litro do detergente neutro pelo método de Van Soest (1963) foram: um litro de água destilada; 30,0 g de sulfato de sódio; 18,61 g de EDTA sal dissódico; 6,81 g de borato de sódio hidratado; 4,56 g de fosfato ácido de sódio anidro e 10 mL de trietileno glicol, não foi utilizada a enzima alfa amilase termo lábil devido os tecidos volumosos apresentarem baixo teor de amido. Para o preparo do detergente ácido (um litro) pelo método de Van Soest (1967) foram utilizados: 20 g de brometo-cetil-trimetilamônio e 27,7 mL de ácido sulfúrico (96 -98% de pureza).

As análises de matéria seca a 105° C, de fibra em detergente ácido (FDA), de fibra de detergente neutro (FDN) e lignina foram realizadas pelo método sequencial (VAN SOEST, 1981), que se baseou na separação das diferentes frações constituintes do material, através de

reagentes específicos denominados detergentes. Para a determinação da FDN e da FDA pelo método convencional de Van Soest (1963, 1967), respectivamente, foi utilizado 0,5 g de amostra foram acondicionados em sacos confeccionados com TNT (100 g/m²), previamente secos em estufa de 105° C por duas horas e pesados, sendo este posteriormente lacrado a quente com utilização de seladora. Foram utilizadas quatro repetições de cada amostra. Os sacos de TNT foram confeccionados com as dimensões 5 × 5 cm. Os sacos lacrados com as amostras foram acondicionados com o detergente neutro ou com o detergente ácido, obtidos pelo método convencional de Van Soest (1963, 1967), respectivamente, e alocados no determinador de fibra modelo TE-149 Tecnal® (Figura 7). Foi utilizado aproximadamente 2.300 mL da solução detergente (neutro ou ácido) para cada bateria com capacidade de 30 sacos. Os sacos ficaram em fervura durante 60 minutos e após este tempo procedeu três lavagens com água destilada em fervura por 10 minutos cada e em seguida os sacos foram alocados na estufa a 105° C por oito horas, para posterior obtenção do resíduo (FDN ou FDA, respectivamente).



Figura 7 – Determinador de fibra modelo TE-149 Tecnal®

Ao final destes procedimentos nos cadinhos, previamente secos e pesados, e com o resíduo de (FDN ou FDA) foram colocados em forno mufla e permaneceram nele por quatro horas com temperatura de 600° C, para queima da matéria orgânica, após resfriarem a temperatura ambiente dentro de dessecadores estes foram pesados em balança analítica de precisão.

A percentagem da fibra em detergente neutro (FDN) ou ácido (FDA) na base da MS foi obtida por diferença entre as pesagens, de acordo com a seguinte fórmula.

$$\text{FDN ou FDA (\%)} = [(C - B) \times 100] / A$$

Sendo:

A = Peso da amostra em grama (g),

B = Peso do recipiente (saco de TNT) (g),

C = Peso do recipiente mais o resíduo (FDN ou FDA) (g).

A celulose foi destruída pelo ácido sulfúrico a 72%, sendo a lignina determinada por diferença de peso, subtraindo as cinzas pela queima na mufla a 600° C (ANDERSON & INGRAM, 1996). Os teores de hemicelulose e celulose foram determinados pelas diferenças entre FDN e FDA e lignina, respectivamente. As concentrações de polifenóis solúveis totais foram analisadas no Laboratório de Águas do IFSERTÃO – PE, campus Petrolina, obtidas através da extração de uma alíquota de 200 mg de material vegetal em 50 mL em metanol 50%, na temperatura controlada entre 77 - 80 °C, durante uma hora, utilizando como padrão o ácido tânico e, para o desenvolvimento de cor, o reagente de Folin-Denis, realizando-se a leitura de absorvância a 760 nm (ANDERSON & INGRAM, 1996).

3.8 Análise estatística

Os valores obtidos foram transformados em porcentagem relativa à massa e ao teor de nutrientes do início da decomposição (T0). Com esses dados, foram determinadas as taxas de decomposição da biomassa e de liberação de nutrientes, para cada um dos tratamentos. As variáveis mensuradas foram submetidas à análise de variância. Os GL relativos a tratamentos foram desdobrados em contrastes ortogonais a 5 % pelo teste de Sheffer e os relativos a tempo, em análise de regressão polinomial, sendo escolhido o modelo de maior coeficiente de determinação (R²). Para a análise estatística foi utilizado o Programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização bromatológica inicial e produção de matéria fresca e seca da parte aérea do *Canavalia ensiformis* (L) DC.

Nas condições em que o experimento foi desenvolvido, o *Canavalia ensiformis* apresentou floração plena aos 60 dias após o plantio e produção de 6,16 t ha⁻¹ de matéria seca (Tabela 3). Os resultados obtidos por Ribeiro (2010) e Faria et al. (2004), ao avaliarem o comportamento do feijão de porco no Submédio São Francisco, corroboram com os do

presente trabalho, uma vez que foi observado que o florescimento ocorreu em torno de 68 dias após o plantio, porém apresentou uma baixa produção de matéria seca (3,31 t ha⁻¹), quando cultivada em época quente; já em época mais fria, essa leguminosa floresceu aos 90 dias após o plantio e apresentou uma maior produção de matéria seca (6,84 t ha⁻¹). No entanto, Rodrigues et al., (2004) e Barreto (2006), observaram que o feijão de porco atingiu floração entre 90 e 120 dias após o plantio, o dobro do tempo observado no presente experimento.

Tabela 3 – Produção de massa fresca, massa seca, matéria orgânica, características bromatológica inicial, e constituintes orgânicos da parte aérea do *Canavalia ensiformis* (L) DC.

MF	MS	M.O.	FDN	FDA	Lignina	Hemicelulose	Celulose	Polifenóis
-----t ha ⁻¹ -----								-----%----- mg g ⁻¹
28,37	6,16	89,22	51,29	36,9	16,06	14,39	20,84	38,83

*MF – massa fresca; MS – massa seca; M.O. – matéria orgânica; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDA – Fibra em Detergente ácido.

A análise para determinar os valores de Fibra Detergente Ácido (FDA) visa estimar os constituintes menos solúveis da parede celular da matéria prima, tais como: celulose, lignina, nitrogênio insolúvel, cinzas insolúveis em ácido e sílica. A Fibra em Detergente Neutro (FDN) é constituída basicamente de celulose, hemicelulose, lignina, proteína lignificada e cinzas insolúveis. Os teores de FDN no substrato residual, tende a diminuir, durante a decomposição dos resíduos, pois fungos do gênero *Pleurotus sp.*, tem a capacidade enzimática de degradar componentes da parede celular presentes em matéria prima de origem vegetal (CARVALHO et al., 2014). De acordo com Castro (2003) ao cultivar *Pleurotus sajor* caju em resíduo de lixadeira de algodão obteve um decréscimo nos valores de FDA e FDN após um período de 69 a 86 dias de cultivo. Estes resultados estão de acordo com vários trabalhos que também relataram reduções nas frações de FDA e FDN nos substratos onde foram inoculados os fungos (BELEWU; BELEWU, 2005; SANCHES et al., 2002).

A decomposição recebe influência da composição química do resíduo vegetal, sendo que quanto maior a relação C/N, teor de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis, mais lenta será a decomposição (SANTOS et al., 2009).

O acúmulo de macronutrientes na fitomassa da parte aérea do *Canavalia ensiformis* está descrito na tabela 4. Com o objetivo de avaliar a capacidade de extração de nutrientes do solo pelo *Canavalia ensiformis* sob sistema orgânico de produção nas condições de verão do cerrado, em Brasília, Saminêz et al. (2006) observaram acúmulo de N, K e Ca de, respectivamente, 415, 256 e 327 kg ha⁻¹. Padovan et al. (2011) também verificaram que o *Canavalia ensiformis* mostrou-se eficiente em reciclar nutrientes, especialmente N, K e Ca

imobilizados, esses resultados reforçam seu grande potencial como planta de cobertura, e servem de subsídio para o planejamento do manejo da fitomassa vegetal.

Tabela 4 – Concentração de nutrientes (na massa seca) inicial da fitomassa da parte aérea do *Canavalia ensiformis* (L) DC. utilizada no experimento

Carbono	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
-----g Kg ⁻¹ -----					
374,76	26,43	5,05	33,74	19,71	4,48

Os valores do quadrado médio encontrados, dos constituintes do material vegetal do *Canavalia ensiformis*, para a fonte de variação tratamentos, foram significativos a 1%, para as relações POL/N; LIG+POL/N; para os constituintes HEM e POL a probabilidade foi de 5% e para as relações LIG/N e LIG/P a 10%, pelo Teste F. Os constituintes LIG e CEL, não foram influenciados pelos tratamentos, e a decomposição destes constituintes dependeu apenas do fator tempo (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância da percentagem de Hemicelulose, Lignina, Celulose, Polifenóis, Celulose/Lignina, Lignina/Nitrogênio, Lignina/Fósforo, Polifenóis/Nitrogênio e Lignina+Polifenóis/Nitrogênio remanescente no resíduo do *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função dos tratamentos e do tempo

Fonte de variação	Gl	Quadrado Médio								
		HEM	LIG	CEL	POL	POL/N	LIG+POL/N	CEL/LIG	LIG/N	LIG/P
-----%-----										
Bloco	3	177,649 ^{NS}	1874,347***	1860,239***	308,969 ^{NS}	0.165 ^{NS}	1,578***	0,428 ^{NS}	2,100**	3977,923 ^{NS}
Tratamentos	6	548,068*	374,096 ^{NS}	163,506 ^{NS}	1005,851*	0.859***	2,042***	0,502 ^{NS}	3,188**	5644,550**
Tempo	6	52032,247***	31511,612***	31038,342***	20720,585***	1.980***	7,282***	4,679***	22,584***	39268,659***
Tratamentos	36	313,514 ^{NS}	201,904 ^{NS}	71,270 ^{NS}	220,945 ^{NS}	0.106 ^{NS}	0.252 ^{NS}	0,192 ^{NS}	0,817 ^{NS}	2803,353 ^{NS}
Resíduo	144	273,186	40063,964	203,914	487,810	0.151	0.366	0,474	0,862	2159,204
CV %		34,08	26,59	28,37	25,89	26,09	31.45	30,25	26,92	26,73

^{NS} não significativo; ***, **, * significativo p<0,001; 0,05 e 0,01, respectivamente.

*Hemicelulose (HEM); Lignina (LIG); Celulose (CEL); Polifenóis (POL); Celulose/Lignina (CEL/LIG); Lignina/Nitrogênio (LIG/N); Lignina/Fósforo (LIG/P); Polifenóis/Nitrogênio (POL/N) e Lignina+Polifenóis/Nitrogênio (LIG + POL/N).

Como pode ser observado na tabela 5, os tratamentos não diferiram entre si, significativamente quanto a decomposição de lignina, celulose e quanto a relação CEL/LIG na fitomassa recalcitrante. Contudo, observando a curvas de decomposição dessas variáveis em função do tempo, verifica-se que ocorreu a decomposição dessas substâncias cujas remanescências aos 75 foram próximas a 0 %. Isto indica que biológicos e químicos tiveram atuação satisfatória e semelhante sobre a decomposição desses constituintes.

A lignina, apesar de ser o biopolímero mais abundante na biosfera, é recalcitrante em função do seu alto peso molecular e estrutura química tridimensional que lhe confere alta estabilidade, possui estrutura muito complexa, formada por subunidades aromáticas derivadas do fenilpropano, que se repetem em diferentes ligações, sendo interligadas por ligações de C-C, que contribuem para a sua elevada recalcitrância (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Vale salientar ainda que a decomposição da lignina é feita por lacases e peroxidases, sendo as primeiras glicoproteínas e, as segundas, hemoproteínas.

No presente trabalho, a celulose, referente aos tratamentos e condições em que o estudo foi desenvolvido, trata-se do principal contribuinte para o aporte de matéria orgânica para o solo. No entanto, os dados obtidos mostram que, apesar de a hemicelulose ser o componente estrutural considerado mais lábil (WAGNER & WOLF, 1999), a celulose apresentou o mesmo comportamento de percentagem de decomposição em todos os tratamentos.

Os valores do quadrado médio encontrados, da MS, relações C/N e C/P, e dos elementos constituintes do material vegetal do *Canavalia ensiformis* (L) DC., para a fonte de variação tratamentos, foram significativos na seguinte ordem de magnitude MS, C, N e P a 5% e Ca, Mg, C/N e C/P a 10%, pelo Teste F (Tabela 6). Com relação a fonte de variação tempo, todas as variáveis foram significativas a 1% de probabilidade.

Observou-se efeito significativo dos tratamentos, sobre a decomposição da fitomassa e hemicelulose ($p < 0,05$) e liberação de C, N e P ($p < 0,05$); Ca e Mg ($p < 0,001$), C/N e C/P ($p < 0,01$).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância da percentagem de Matéria seca (MS), Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), relação C/N e C/P remanescente do resíduo do *Canavalia ensiformis* (L) DC., em função dos tratamentos e do tempo

Fonte de variação	Gl	Quadrado Médio							
		MS	C	N	P	Ca	Mg	C/N	C/P
-----%-----									
Bloco	3	234,83**	246,34**	238,74 ^{NS}	829,87***	234,82**	2614,24***	0,67 ^{NS}	96398,46***
Tratamentos	6	122,28*	136,42*	474,57*	171,72*	122,25**	526,89**	5,10**	28628,36**
Tempo	6	38062,44***	37680,52***	54778,61***	32129,61***	38064,67***	47049,03***	94,93***	82006,58***
Trat x T	36	25,72 ^{NS}	27,77 ^{NS}	165,11	77,65 ^{NS}	25,74 ^{NS}	158,79 ^{NS}	2,83 ^{NS}	13878,87 ^{NS}
Resíduo	144	42,96	48,43	234,80	94,85	42,96	281,29	2,29	10180,15
CV %		12,34	13,34	22,87	20,29	12,34	27,11	13,36	23,09

^{NS} não significativo; ***, **, * significativo p<0,001; 0,05 e 0,01 respectivamente.

4.2 Decomposição da fitomassa da parte aérea do *Canavalia ensiformis* (L) DC.

Em todos os tratamentos, a cinética do processo de decomposição da fitomassa apresentou um padrão semelhante, onde a MSR da fitomassa decresceu com o tempo de decomposição, podendo ser estimada pelo modelo quadrático com capacidade de determinação (previsão) de 99,98 % (Figura 8). Aos 45 dias após o início do experimento, 50 % (tempo de meia vida – T1/2) MS inicial dos resíduos vegetais foi decomposta. Após esse período, ocorreu uma fase de decomposição mais rápida, provavelmente influenciada pela aplicação dos tratamentos, onde 95 % da MS foi decomposta aos 75 dias após o início do experimento.

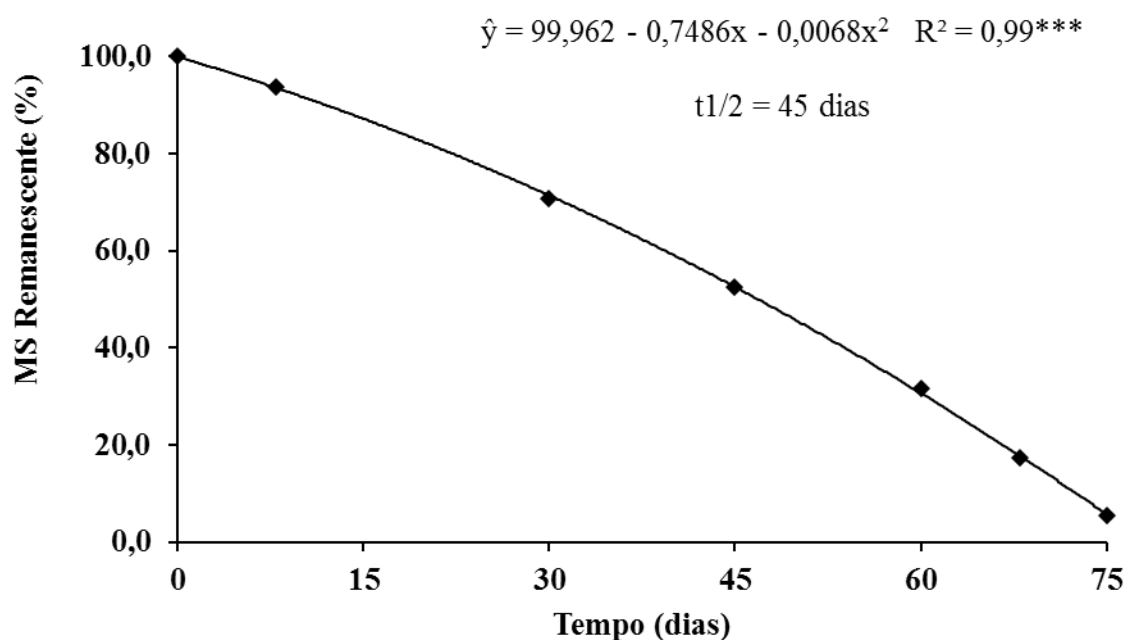


Figura 8 – Fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. remanescente em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

A taxa de decomposição, nas condições de desenvolvimento do trabalho, apresentou comportamento satisfatório, onde ao término do intervalo experimental, que foi de 75 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo, o feijão de porco apresentou apenas 5 % de matéria seca remanescente. Isto revela que os tratamentos atuaram sobre o material recalcitrante evitando o observado por Freitas, (2010), em condições semiárida irrigada, ao avaliar a taxa de decomposição de quatro espécies de leguminosas feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) DC.), lab lab (*Dolichos lab lab* (L) DC.) e calopogônio (*Calopogonio muconoides* (L) DC.), que as leguminosas apresentam respostas da decomposição semelhantes, com uma fase inicial rápida, nos primeiros quinze dias; seguida de uma mais lenta. Ao término do intervalo

experimental, o feijão guandu apresentou o maior percentual de matéria seca remanescente (52 %), seguido em ordem decrescente pelo calopogônio (44 %), feijão de porco (38 %) e lab lab (33 %).

Resultados semelhantes foram observados por Resende et al. (2013), que ao avaliar a taxa de decomposição de amostras de folhas frescas de *Gliricidia sepium* (Jacq), os autores observaram que, ao término do intervalo experimental, que foi de 78 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo, apresentou apenas 9 % da massa seca remanescente.

Ao avaliar a taxa de decomposição e mineralização de nutrientes de feijão guandu, Salmi et al. (2006), observaram que 75 % da fitomassa seca permaneciam sobre o solo 30 dias após a deposição. Silva et al. (1997), avaliaram a taxa de decomposição de crotalária, guandu, mucuna-preta e braquiária aos 60 dias após a deposição da fitomassa, em solo sob cerrado nativo, e obtiveram taxas de decomposição de 61,3, 61,9, 65,6 e 78,9 %, respectivamente.

Na avaliação da decomposição de resíduos culturais de aveia-preta, ervilhaca e nabo forrageiro, Aita & Giacomini (2003), observaram que, ao final de 30 dias após a deposição da fitomassa, 81, 57 e 75 % da fitomassa seca, respectivamente, permaneciam na superfície do solo, quando cultivados de forma solteira.

Ao estudar a velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes em sorgo e milho, no Cerrado, Moraes (2001), observou que a taxa média de decomposição da palhada é maior nos primeiros 42 dias após o manejo e que a mineralização dos nutrientes é mais acentuada nos primeiros 63 dias após o manejo. Bertol et al. (1998) verificaram que, após 180 dias, a aveia-preta apresentou diminuição de 80 % da fitomassa seca remanescente, quando incorporada ao solo.

Ao avaliar da taxa de decomposição da fitomassa da crotalária, Costa et al. (2012) observaram que 50 % da quantidade inicial, foi decomposta aos 67 e 63 dias após o manejo, sem e com fragmentação da fitomassa, respectivamente, sendo que as maiores taxas de decomposição da fitomassa ocorreram no período de 0 a 18 dias após o manejo, com valores de 61 e 71 kg ha⁻¹ dia⁻¹, nos manejos sem e com fragmentação, respectivamente.

Trabalhando com taxa de decomposição de coquetéis vegetais, em condições irrigadas semiárida, Brandão et al. (2012), observaram que entre 135 e 198 dias após o início do experimento, 50 % da matéria seca inicial dos coquetéis vegetais foi decomposta. Após esse período, ocorreu uma fase de decomposição mais lenta, onde a estimativa de tempo para que 95% matéria seca seja decomposta foi entre 612 a 638 para os tratamentos com revolvimento e 857 a 1071 dias para os tratamentos sem revolvimento.

Em relação à decomposição da matéria seca, Leite et al. (2010) observaram que a vegetação espontânea, o milho, *B. brizantha* cv. Marandu e a combinação de milho x *B. brizantha* cv. Marandu, apresentaram decréscimos similares nos primeiros 60 dias, com perdas de 12, 13, 10 e 16 %, respectivamente. Ao final do período experimental, aos 100 dias, contados a partir deposição do material, menos de 50 % dos resíduos vegetais avaliados tinham sido decompostos, sendo o milho e a vegetação espontânea, os materiais mais resistentes à decomposição.

4.3 Decomposição de Hemicelulose

Em todos os tratamentos, a cinética do processo de decomposição da hemicelulose apresentou um padrão semelhante. Aos 32 dias após o início do experimento, 50 % da hemicelulose, com base na massa seca inicial dos resíduos vegetais foi decomposta, de forma quadrática com capacidade preditiva de 97 % (Figura 9). Após esse período, ocorreu uma fase de decomposição mais lenta, onde 97 % da hemicelulose foi decomposta aos 75 dias após o início do experimento.

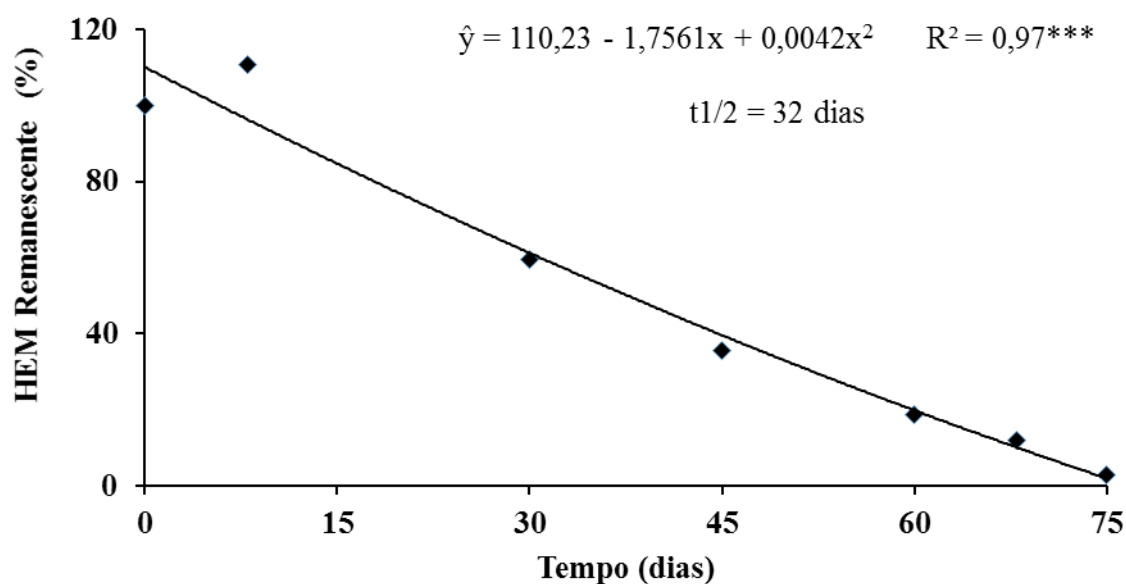


Figura 9 – Porcentagem de Hemicelulose na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. remanescentes em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

A hemicelulose é o segundo carboidrato mais comum que constitui os resíduos das plantas e consiste de polímeros contendo hexoses, pentoses e ácidos urônicos. Eles constituem um grupo diverso de polissacarídeos estruturais que compreendem mais de 30 % da massa seca dos resíduos das plantas. Sua decomposição é geralmente rápida e excede a taxa de decomposição da celulose (WAGNER & WOLF, 1999).

4.4 Decomposição dos Polifenóis Totais

Em todos os tratamentos, a cinética do processo de decomposição dos polifenóis apresentou um padrão semelhante. Aos 49 dias após o início do experimento, 50 % dos polifenóis total, com base na massa seca inicial dos resíduos vegetais, foi decomposta. Após esse período, ocorreu uma fase de decomposição mais rápida, onde 93 % dos polifenóis foi decomposta aos 75 dias após o início do experimento. Este fenômeno pode ser estimado com capacidade de determinação de 68,47 % pelo modelo quadrático (Figura 10). De acordo com Palm & Sanches (1991), os valores de polifenóis solúveis podem indicar a variabilidade da mineralização ou da imobilização do N, uma vez que tendem também a proteger os resíduos da degradação por microorganismos. Assim, quanto maior os teores de polifenóis, maior seria a magnitude (tempo e quantidade) da imobilização do N. Essa informação justifica, provavelmente, o aumento no teor de N remanescente, observado após oito dias da deposição da fitomassa no campo. Com relação ao N, observou-se também que, à medida que os teores de polifenóis diminuía aumentava a mineralização do N (Figura 12).

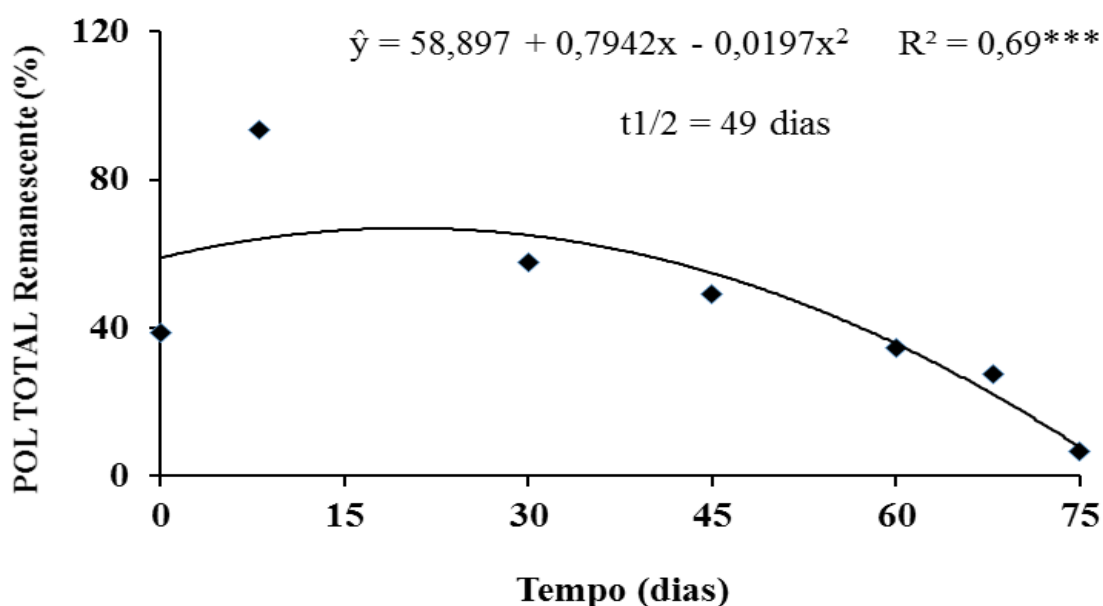


Figura 10 – Porcentagem de Polifenóis Totais remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

4.5 Mineralização do Carbono

O tempo necessário para a mineralização de 50 % do C, da massa seca remanescente, oriunda da parte aérea do feijão de porco, foi 44 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo (Figura 11).

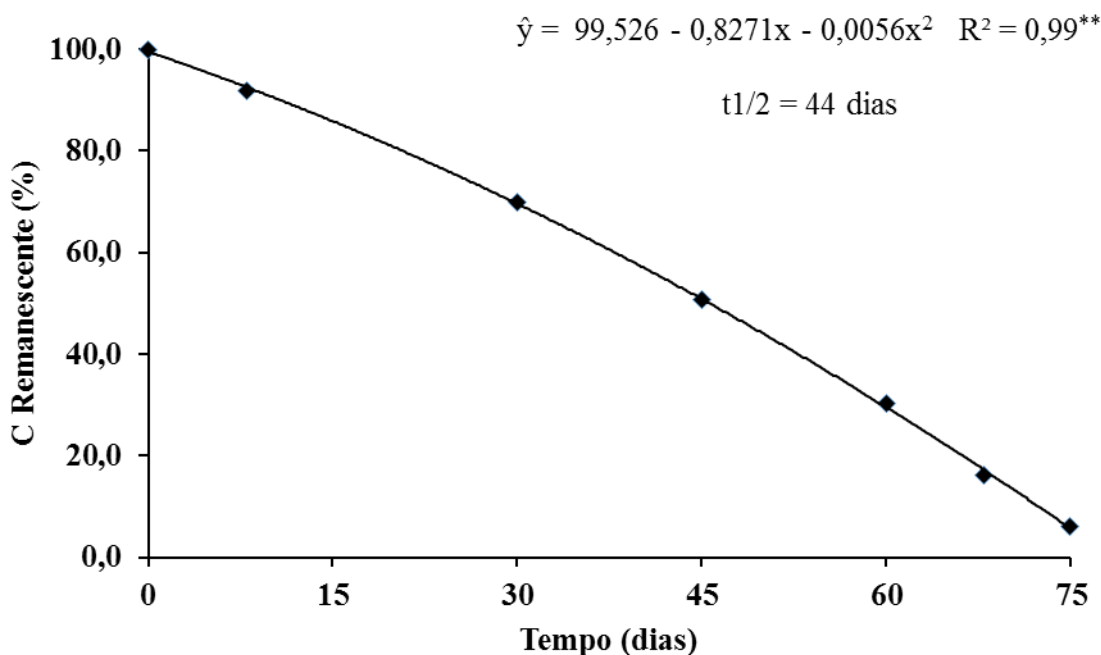


Figura 11 – Porcentagem de Carbono remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

Ao término do período experimental, que foi de 75 dias, após o manejo da fitomassa, observou-se que o teor de C remanescente foi apenas de 6 %. Este comportamento pode ser estimado pelo modelo quadrático com coeficiente de determinação, Figura 11, de $R^2 = 99,9$ (capacidade preditiva de 99,9 %). Diferentemente do que foi observado por Weiler (2012), que ao avaliar a taxa de decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais, ao final do período experimental, que foi de 140 dias, após o manejo da fitomassa, o feijão de porco, apresentou cerca de 22,7 % de C remanescente. O autor ressalta ainda que, o carbono remanescente aos 140 dias após o manejo, foi positivamente correlacionado com os teores de hemicelulose e a relação lignina/N. Vale salientar que a celulose, hemicelulose e lignina são reconhecidamente componentes dos resíduos vegetais de menor taxa de degradação, que exercem influência direta na decomposição da fitomassa, especialmente nos estágios mais avançados (JENSEN et al., 2005).

A fitomassa do feijão de porco apresentou maior liberação de C nos primeiros dias de avaliação, devido a melhor qualidade bioquímica do material. A alta concentração de N, ou baixa relação C/N, estimula a rápida decomposição dos resíduos vegetais. De acordo com Hobbie et al. (2010), existe uma estreita relação entre a decomposição inicial dos resíduos vegetais e os compostos solúveis, que representam uma fonte lábil de energia para os microrganismos, uma vez que resíduos de alta qualidade suportam maior diversidade

microbiana e maior população de bactérias, importantes nos estádios iniciais de decomposição.

4.6 Mineralização do Nitrogênio

O tempo necessário para a mineralização de 50 % do N, da massa seca remanescente, oriunda da parte aérea do feijão de porco, foi 67 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo (Figura 12).

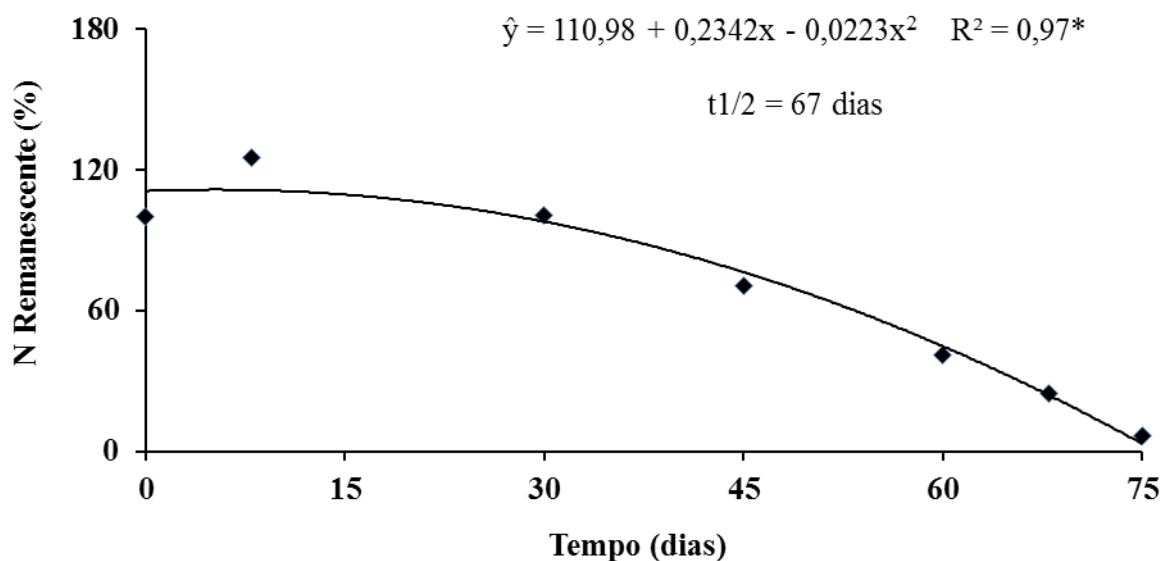


Figura 12 – Porcentagem de Nitrogênio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,05%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

O Nitrogênio foi imobilização, nos primeiros oito dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo. Por se tratar de um processo biológico, isso ocorreu provavelmente, porque, na fase inicial os microrganismos que participam do ciclo biológico do Nitrogênio, usam a matéria orgânica apenas para a obtenção de elementos essenciais para a sua nutrição e o carbono necessário à produção de energia e formação de tecidos microbianos até se estabelecer no ambiente (AITA, 1997; ACOSTA et al., 2014; COTTA et al., 2007). Após o estabelecimento dos microrganismos nos resíduos vegetais depositados na superfície do solo, inicia-se a mineralização da matéria orgânica, onde ocorre a liberação do N inorgânico, o qual constitui a principal fonte de N para as plantas nos sistemas agrícolas (CANTARELLA, 2007).

O comportamento do N observado nesse trabalho corrobora com Martins et al. (2014), que ao avaliar a taxa de decomposição de aveia preta, centeio, nabo-forrageiro, aveia preta + nabo forrageiro e centeio + nabo forrageiro, observaram que no início da decomposição, especialmente nas espécies com maiores valores de relação C/N como, por exemplo, a aveia

preta, ocorreu um pico de imobilização pelos microrganismos (imobilização maior que a mineralização). Porém, assim como ocorreu no presente trabalho, os autores ressaltam que, com o passar do tempo ocorreu o restabelecimento gradativo das transformações (imobilização igual à mineralização) e, a partir deste momento, os microrganismos envolvidos no ciclo do N, começam a liberar as formas de N, ora imobilizado.

A imobilização de N também pode estar associada ao valor de lignina do resíduo e até a relação celulose/lignina (Rasse et al., 2006; Heim & Schmidt, 2007; Sanchez, 2009). Isso porque, os microrganismos possuem menor capacidade de colonização de resíduos com maiores teores de lignina, o que diminui a liberação de N, aumentando a quantidade imobilizada, tanto que a relação lignina/N possui correlação negativa com a mineralização de N (VANLAUWE et al., 2005).

Após os oito dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo. Observou-se que o teor de Nitrogênio remanescente na fitomassa, apresenta um decréscimo ao longo do tempo de decomposição, ou seja, diminuiu conforme a fitomassa era mineralizada, estimado pelo modelo quadrático com capacidade preditiva de 96,74 % (Figura 12). Isso deve-se ao fato de que o C-orgânico disponível na fitomassa, o qual é usado pelos microrganismos, como fonte de energia, favorece o aumento na ciclagem de N (CANTARELLA, 2007; PEDROSA et al., 2014). De forma semelhante, outros autores relataram o importante papel dos teores de C e hemicelulose na liberação desse nutriente acumulado em leguminosas (FRANKENBERGER & ABDELMAGID, 1985; LUPWAYI & HAQUE, 1998).

4.7 Mineralização do Cálcio

O tempo necessário para a mineralização de 50 % do Ca, da massa seca remanescente, oriunda da parte aérea do feijão de porco, foi 44 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo, a qual decresceu, linearmente com capacidade de determinação de 98,9 %, com o tempo de decomposição (Figura 13).

O Ca, geralmente, durante o processo de decomposição de resíduos vegetais, é liberado lentamente, uma vez que trata-se de um dos constituintes da lamela média da parede celular (TAIZ & ZEIGER, 1991; ESPINDOLA et al. 2006), formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais. No entanto, no presente trabalho constatou-se uma liberação satisfatória desse elemento, tendo em vista que ao término do período experimental, 75 dias, contados a partir da deposição das sacolas no campo, foi liberado 94 % do Ca remanescente.

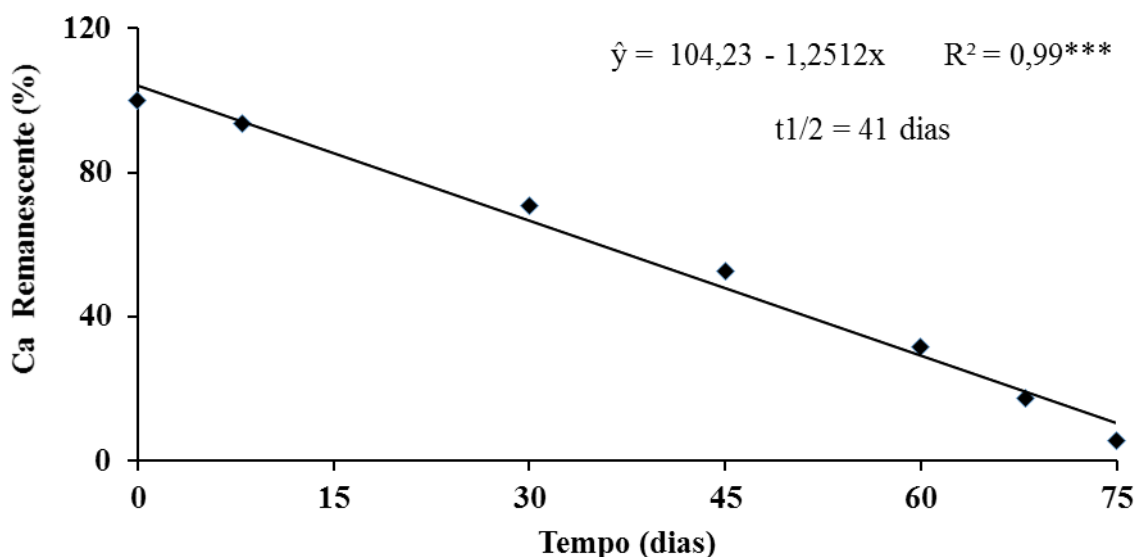


Figura 13 – Porcentagem de Cálcio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. no campo em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

Ao estudar a decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ), Gama-Rodrigues et al, (2007) observaram que as taxas de decomposição de matéria seca e de liberação de C, N, P e Mg variaram principalmente em função dos teores de K e Ca e, isso de acordo com os autores, revela que nas condições estudadas, esses nutrientes, e não o N e P, seriam os fatores reguladores mais limitantes para decomposição e mineralização dos resíduos das espécies avaliadas. Por fim, os autores concluíram que, as coberturas vegetais apresentaram distintas taxas de decomposição e de liberação de nutrientes, sendo o feijão de porco a espécie que mostrou fitomassa de melhor qualidade química e que o K e Ca foram os fatores reguladores mais limitantes das taxas de decomposição e de liberação de nutrientes da fitomassa. Gama-Rodrigues et al. (1999) e Giacomini et al. (2003), relatam evidências do papel relevante do K e Ca no processo de decomposição de resíduos agrícolas e florestais.

4.8 Mineralização do Magnésio

O tempo necessário para a mineralização de 50 % do Mg da massa seca remanescente, oriunda da parte aérea do feijão de porco, foi 58 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo, estimado pelo modelo quadrático com poder de previsão de 97,56 % (Figura 14).

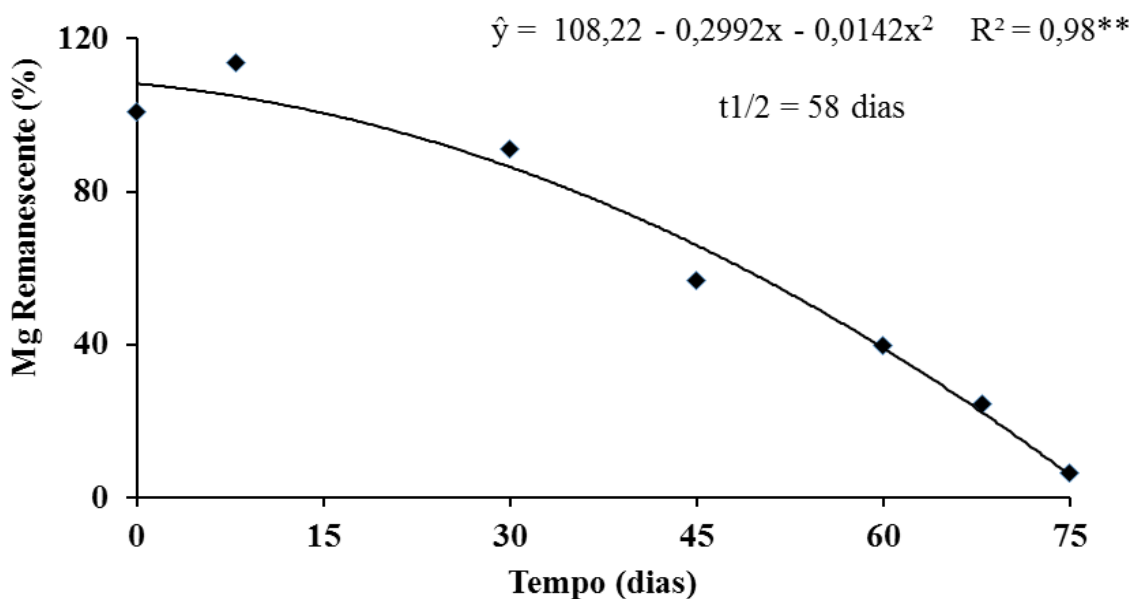


Figura 14 – Porcentagem de Magnésio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. no campo em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%. Tempo de meia vida ($T^{1/2}$).

Ao trabalhar com taxa de decomposição e liberação de nutrientes, Gama-Rodrigues et al. (2007) verificaram que as taxas de liberação de magnésio foram maiores no feijão de porco, comparando-se com amendoim forrageiro, siratro, cudzu tropical e de vegetação espontânea. Resultados semelhantes foram observados por Duarte Júnior & Coelho (2008) onde observaram que a crotalária juncea, o feijão de porco e a mucuna preta liberaram maior quantidade de Mg que a vegetação espontânea.

Ao avaliar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de flemingia (*Flemingia macrophylla* (Willd.) Kuntze ex Merr.), Salmi et al. (2013), observaram que a liberação de magnésio mostrou comportamento similar à liberação de cálcio, onde, aos 120 dias, contados a partir do manejo da fitomassa, as quantidades remanescentes aproximaram-se, nos diferentes tratamentos, apresentando valores de 54,2% para folhas; para caules 57,3% e, para caules + folhas, de 54,3%.

As relações foram significativas, para as relações C/N, C/P, POL/N, LIG+POL/N e LIG/N e são indicativos da dureza do resíduo vegetal e evidenciaram as semelhanças nas taxas de decomposição da fitomassa e liberação de nutrientes em todos os tratamentos testados, uma vez que seus valores não diferiram em função dos manejos.

4.9 Relação Carbono/Nitrogênio

Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) na fitomassa remanescente, da parte aérea do feijão de porco em função do tempo de decomposição, não pode ser ajustada a nenhum dos

modelos testados, podendo ser estimada pela média ao longo do tempo de decomposição que foi de 11,34 % (Figura 15).

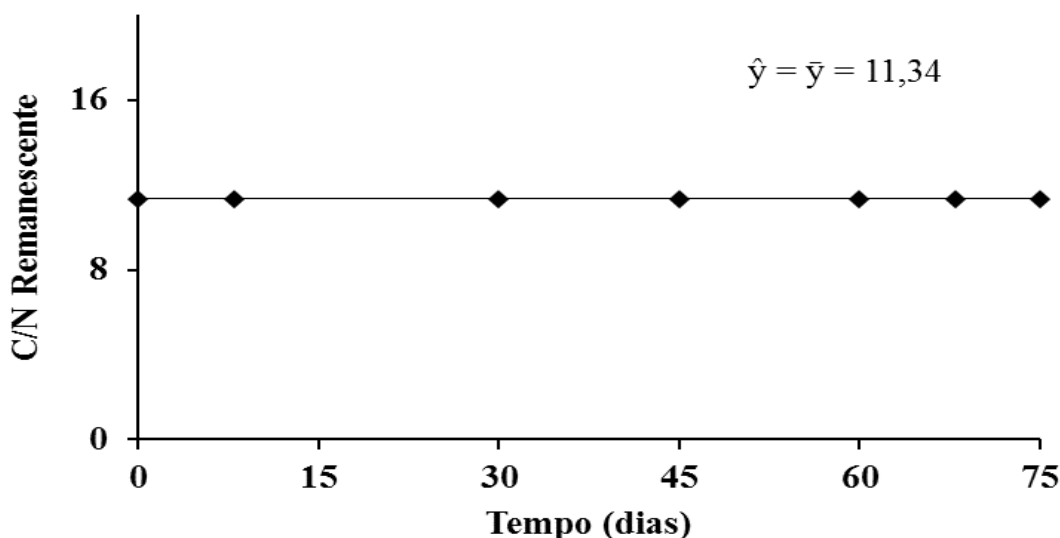


Figura 15 – Relação Carbono/Nitrogênio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.

A relação C/N, manteve-se constante, à medida que a fitomassa era mineralizada, o que provalmente favoreceu para a decomposição de 95% da fitomassa ao fim do período experimental. O mesmo fenomeno foi observado por Freitas (2010), que ao avaliar a taxa de decomposição do feijão de porco, em condições Semiáridas, irrigadas, observou que houve uma diminuição da relação C/N nos primeiros 15 dias e, a partir desse período, tal relação manteve-se estável até o final do intervalo experimental.

Portanto, pode-se afirmar que a decomposição dos resíduos foi favorecida pelo teor de N e pela relação C/N, corroborando com (TORRES & PEREIRA, 2008; MEDRADO et al., 2011), uma vez que, o teor de N e a relação C/N do material recalcitrante, tendeu a aumentar após a aplicação dos tratamentos, e, contrário ao esperado, proporcionaram uma maior taxa de decomposição dos resíduos (Figura 8).

4.10 Relação Carbono/Fósforo

A relação C/P, assim como a C/N, manteve-se constante, à medida que a fitomassa era mineralizada, o que provalmente, também favoreceu para a decomposição de 95% da fitomassa ao fim do período experimental (Figura 16).

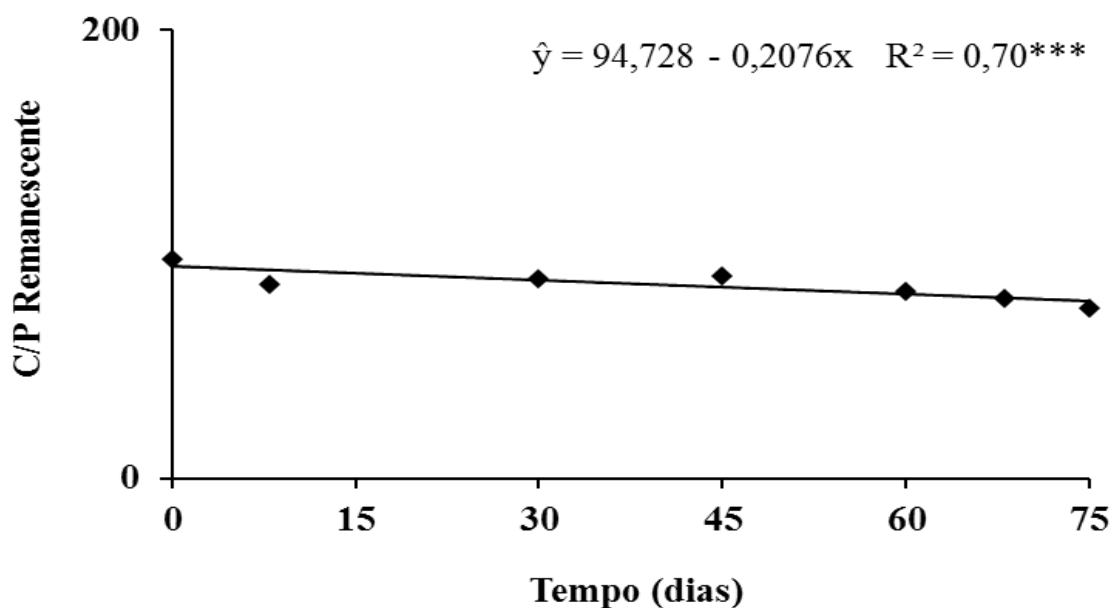


Figura 16 – Relação Carbono/Fósforo remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%.

Ao avaliar, a decomposição e liberação de nutrientes em seis espécies agroflorestais, Kwabiah et al. (2000), observaram que a percentagem de N, P e massa seca remanescente correlacionou-se com o P total e a relação C/P nos primeiros 35 dias experimentais. Depois, assumiu-se que a relação P/polifenóis teve maior importância nos processos de decomposição e liberação de nutrientes.

4.11 Relação Lignina/Nitrogênio

A relação Lignina/Nitrogênio da fitomassa da parte aérea do feijão de porco em função do tempo de decomposição aumentou, de forma quadrática, com capacidade preditiva de 81,8 % (Figura 17). Isto sugere que a Lignina/Nitrogênio mais elevada no final do intervalo experimental esteja relacionada com não decomposição do 100 % da fitomassa depositada. Portanto, conclui-se que, nas condições de condução do experimento, a relação Lignina/Nitrogênio foi afetada pelo estágio de decomposição da fitomassa, o que pode ter inibido a eficiência dos organismos na degradação do material vegetal. Pois de acordo com Silva et. al. (2014), quanto menor for a relação Lignina/Nitrogênio maior será a eficiência dos organismos decompositores de resíduos vegetais. Esse resultado denota, que a fitomassa apresentou uma rápida decomposição na fase inicial, nos primeiros quinze dias; seguida de uma mais lenta, que pode ser atribuída, sobretudo, a menor qualidade orgânica do material, expressa pelo seu maior conteúdo de lignina e maior relação LIG/N (Figura 17). De acordo com Carvalho et al. (2010), a lignina é a fração orgânica mais resistente à degradação e, portanto, uma das últimas substâncias a serem decompostas. A sua presença dificulta a

penetração de organismos decompositores através da parede celular contribuindo para uma baixa velocidade de decomposição (GALLARDO & MERINO, 1993).

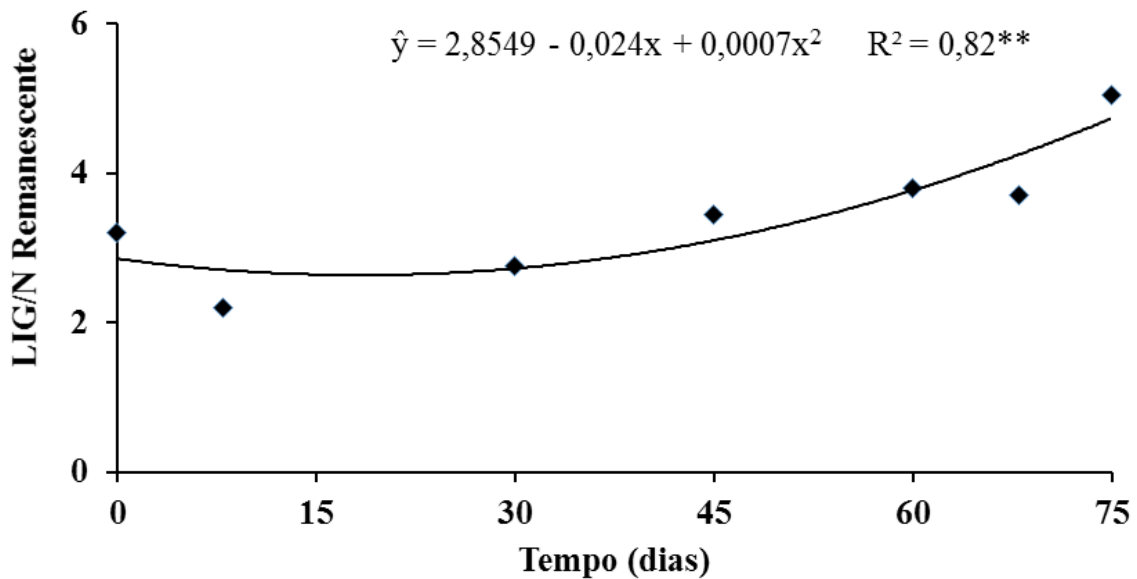


Figura 17 – Relação Lignina/Nitrogênio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. ** significância a 0,01%.

A relação lignina/Nitrogênio exerce uma forte influência sobre a taxa de decomposição de resíduos vegetais, porque o N reage com a lignina e forma produtos recalcitrantes que são altamente resistentes à degradação.

Estudos indicam que a relação lignina/Nitrogênio funciona como indicador relacionado à mineralização de Nitrogênio durante o processo de decomposição de resíduos vegetais (PALM et al., 2001; VANLAUWE et al., 2005).

Grande correlação negativa entre a relação lignina/Nitrogênio e mineralização de nitrogênio foi observada por Chaves et al. (2004). Portanto, um aumento na relação lignina/Nitrogênio geraria uma diminuição na mineralização de Nitrogênio, más, nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, a mineralização de Nitrogênio não foi influenciada (Figura 12).

4.12 Relação Polifenóis/Nitrogênio

Relação Polifenóis/Nitrogênio (POL/N) na fitomassa remanescente, em condições de campo, da parte aérea do feijão de porco em função do tempo de decomposição, sofreu incremento, de forma quadrática e capacidade preditiva de 78,5 % (Figura 18).

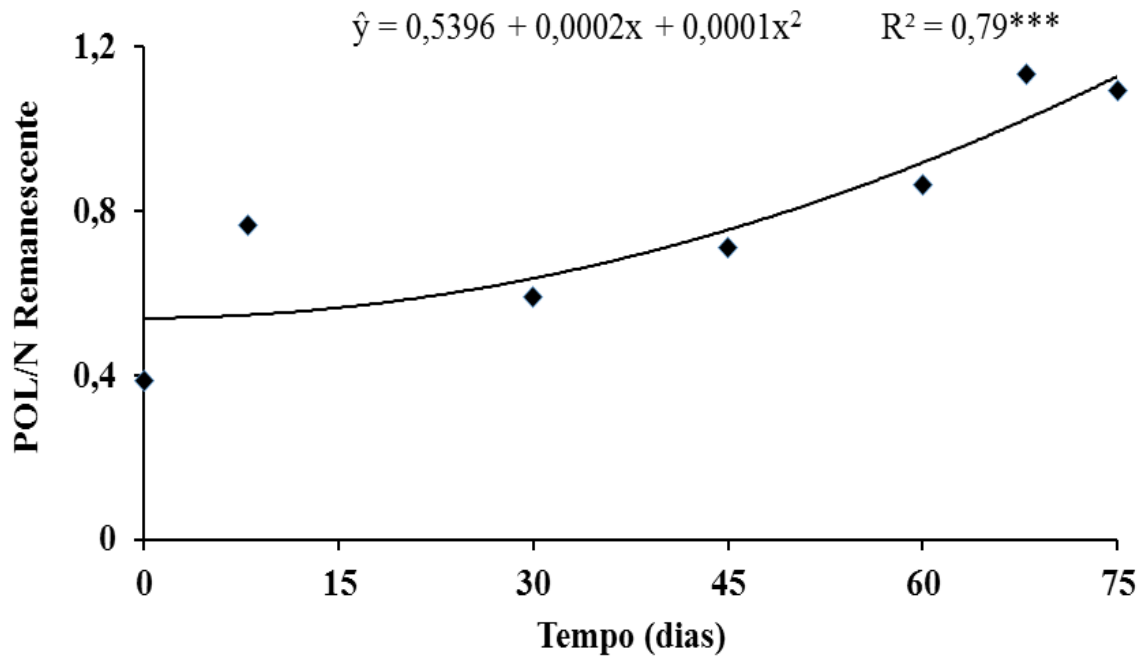


Figura 18 – Relação Polifenóis/Nitrogênio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.

Apesar de ter sido observado uma elevação na relação POL/N na fitomassa do feijão de porco (Figura 18), na fase final de decomposição, não interferiu na percentagem de decomposição, provavelmente devido á aplicação dos tratamentos, uma vez que os polifenóis exercem efeito adstringente sobre as proteínas, o que resulta na formação de complexos recalcitrantes ao ataque de microrganismos. Assim, maiores conteúdos dessas substâncias e menores conteúdos de N determinam menores taxas de decomposição por dificultarem a colonização microbiana e tornar o material menos palatável para os invertebrados (SILVA et al., 2014; GONÇALVES et al. 1995).

4.13 Relação Polifenóis + Lignina/Nitrogênio

Relação Plifenóis + Lignina/Nitrogênio (POL + LIG/N) na fitomassa remanescente, em condições de campo, da parte aérea do feijão de porco em função do tempo de decomposição, aumentou de forma quadrática e capacidade preditiva de 97,99 % (Figura 19).

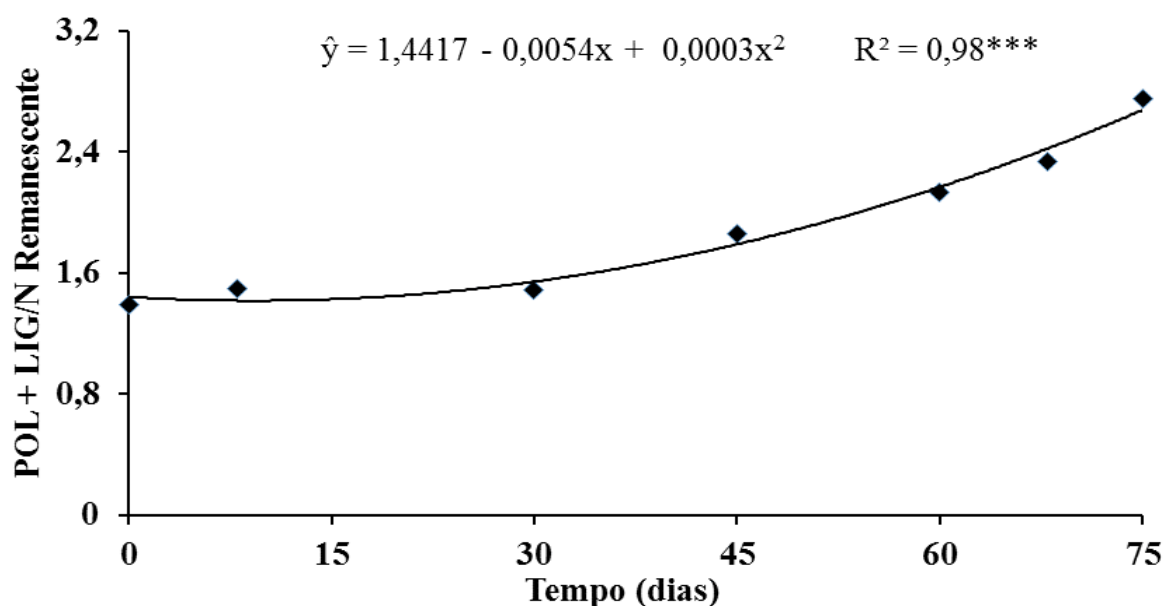


Figura 19 – Relação Polifenóis + Lignina/Nitrogênio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.

Observou-se que a relação Polifenóis + Lignina/Nitrogênio remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* no campo, apresentou um acréscimo em função do tempo de decomposição. Na Zona da Mata mineira, foram estudadas as taxas de decomposição e liberação de nutrientes de *Calopogonio mucunoide*, *S. aterrimum*, *S. guianensis* e *Arachis pintoi* para a cultura do cafeeiro em sistema agroflorestral. Não houve correlação das composições química e bioquímica iniciais dessas espécies. As relações lignina/N, lignina/polifenol e (lignina+polifenol)/N apresentaram-se baixos para todas as espécies. As maiores perdas de matéria seca ocorreram nos primeiros 15 dias de avaliação, quando 25% do material havia se decomposto. No entanto, não houve diferença nas taxas de decomposição, sendo que 32% do N total da fitomassa foi liberado nos primeiros 15 dias. Até os 360 dias, 78% do N foi liberado pelos adubos verdes (MATOS et al., 2011).

Na decomposição de resíduos de leguminosas, o nível de complexidade do processo de mineralização de nitrogênio é reduzido, uma vez que estes resíduos em sua maioria possuem elevados teores de N e baixos de lignina e polifenóis (PALM & SANCHEZ, 1991).

4.14 Relação Lignina/ Fósforo

Relação Lignina/Fósforo (LIG/P) na fitomassa remanescente, em condições de campo, da parte aérea do feijão de porco em função do tempo de decomposição, incrementou de forma quadrática e capacidade preditiva de 87 % (Figura 20).

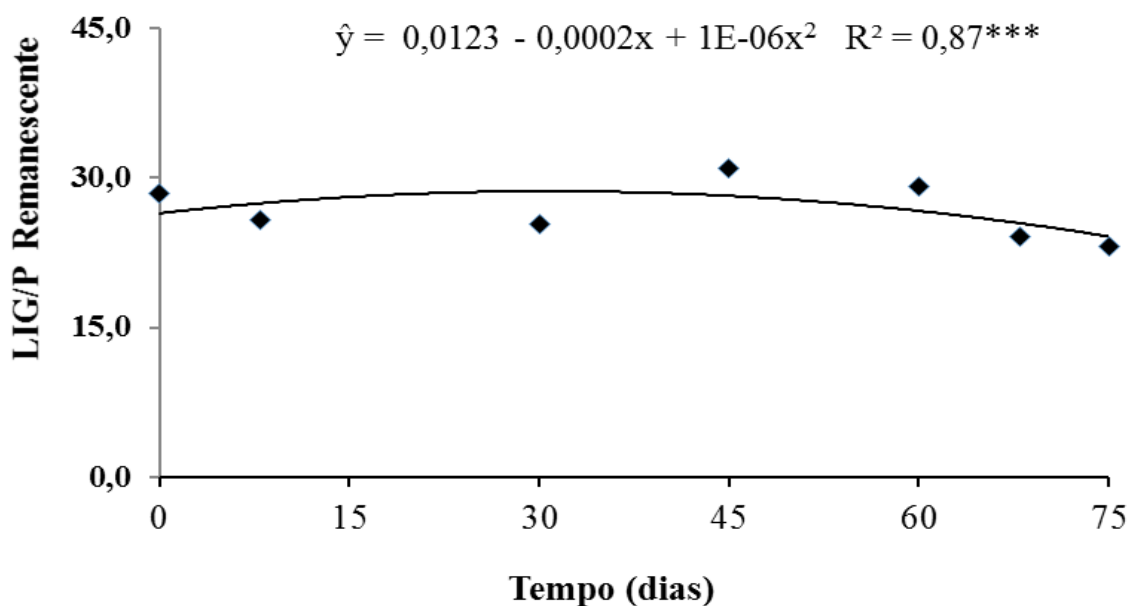


Figura 20 – Relação Lignina/ Fósforo remanescente na fitomassa de *Canavalia ensiformis* (L) DC. no campo em função do tempo de decomposição. *** significância a 0,001%.

Isso deve-se, provavelmente, ser responsável pela recalcitrância da fitomassa remanescente, uma vez que ao término do intervalo experimental, que foi de 75 dias, contados a partir da deposição das sacolas de decomposição no campo, apresentou valores remanescente de lignina e fósforo de 10% e 5%, respectivamente.

Verificou-se nas Tabelas 7 e 8 que os tratamentos que receberam probióticos e NP (Contraste C1) apresentaram médias de N menores, e de POL+LIG/N, C/N e C/P superiores a testemunha (T1) a $p > 0,05$ pelo teste de Sheffer. Considerando-se que a MSR foi menor em T1, porém sem significância estatística, pode-se aventar a hipótese de que a decomposição é dependente que por sua vez, apresentou maior MSR.

Analisando o contraste C2 onde se compara as médias dos tratamentos que receberam probióticos contra as dos que receberam N e P (Tabelas 7 e 8), verificou-se que os tratamentos que receberam a inoculação de probióticos apresentaram teor de POL, POL/N, POL+LIG/N e C/P inferior aos que receberam N e P a $p < 0,05$. Isto revela que os organismos presentes foram efetivos na decomposição desses componentes.

Comparando-se os tratamentos que receberam probióticos entre si, contraste C3, observou-se menor valor de MSR, C, K, Ca, Mg e a relação C/N ($p < 0,05$ pelo teste de Sheffer), no tratamento que recebeu aplicação de Compost-aid® + Soil Set® (T2), quando comparado aos tratamentos que receberam a aplicação do EM-1® (T3) e do Compost-aid® (T4) isoladamente, (Tabela 7 e 8). A maior decomposição em T2 é atribuída à ação conjunta e aditiva dos organismos e as enzimas específicas contidas no Soil Set®.

A eficiência da aplicação do Compost-Aid® + Soil Set®, deve-se provavelmente a sua composição uma vez, o Soil Set®, é um produto a base de enzimas responsáveis pela quebra das cadeias complexas como a celulose e a lignina, auxiliando o ataque dos microrganismos, promovendo uma mineralização mais rápida através da disponibilização de ácidos orgânicos e nutrientes. Atuando diretamente em materiais de difícil atividade microbiológica quebrando cadeias mais lignificadas. Já o Compost-aid® além de possuir na sua composição um complexo enzimático, possui também *L plantarum*, *B subtilis*, *E faecium*, que aceleram o processo de decomposição. O que justificaria também a significância estatística para os teores de Polifenóis (POL), Polifenóis/Nitrogênio (POL/N), Polifenóis + Lignina/Nitrogênio (POL+LIG/N) e Carbono/Fósforo (C/P), apenas os tratamentos que receberam a aplicação de probióticos foram significativos (Tabela 8).

A partir do contraste C4 registrou-se que não houve diferença, para nenhuma das variáveis estudadas, entre a ação do EM-1® (T3) e a do Soil Set® (T4).

Comparando os tratamentos que receberam N e P entre si (C5) verificou-se que os tratamentos que receberam N e P isoladamente, (T5) e (T6), respectivamente, apresentaram maior POL/N e POL+LIG/N que os tratamentos que receberam NP (Tabela 7 e 8). Como houve tendência de maior MSR naqueles tratamentos pode-se pensar que ocorre aumento na POL/N e na POL+LIG/N no material recalcitrante.

O tratamento que recebeu apenas N apresentou menor POL/N e POL+LIG/N que o que recebeu somente P (C1), $p < 0,05$ pelo teste de Sheffer.

Tabela 7 – Médias e contrastes ortogonais para massa seca remanescente e as características química da fitomassa remanescente do *Canavalia Ensiformis* (L) DC. em função dos tratamentos

Tratamentos	Características avaliadas					
	MSR	C	N	P	Ca	Mg
	-----%-----					
T1 – Testemunha	53,096	52,013	72,401	46,688	53,099	61,541
T2 – Compost-aid® + Soil Set®	49,239	48,033	63,24	46,642	49,236	53,323
T3 – EM-1®	55,949	55,000	69,83	53,211	55,944	65,486
T4 – Compost-aid®	54,03	53,516	68,759	47,551	54,031	63,725
T5 – Nitrato de amônia®	54,388	53,343	67,804	48,055	54,386	65,146
T6 – Fósforo Monopotássico - MKP®	52,668	51,265	60,175	48,707	52,668	59,391
T7 – Nitrato de amônia® + Fósforo Monopotássico (MKP)®	52,413	51,878	66,76	47,831	52,414	64,391
	Contrastes Ortogonais					
C₁ – 6T1 – (T2 + T3...T6)	-0,111 ^{NS}	-0,957 ^{NS}	37,838**	-11,868**	-0,085 ^{NS}	-2,216 ^{NS}
C₂ – (T2 + T3 + T4) – (T5 + T6 + T7)	-0,251 ^{NS}	0,063 ^{NS}	7,090 ^{NS}	2,811 ^{NS}	-0,257 ^{NS}	-6,394 ^{NS}
C₃ – 2T2 - (T3 + T4)	-11,501**	-12,450**	-12,109 ^{NS}	-7,478 ^{NS}	-11,503**	-22,565**
C₄ – T3 - T4	1,919 ^{NS}	1,484 ^{NS}	1,071 ^{NS}	5,659 ^{NS}	1,913 ^{NS}	1,761 ^{NS}
C₅ – (T5 + T6) – 2T7	2,230 ^{NS}	0,852 ^{NS}	-5,541 ^{NS}	1,099 ^{NS}	2,226 ^{NS}	-4,245 ^{NS}
C₆ – T5 - T6	1,720 ^{NS}	2,078 ^{NS}	7,629 ^{NS}	-0,652 ^{NS}	1,718 ^{NS}	5,755 ^{NS}

^{NS} não significativo; ** significativo p<0,05, pelo teste Scheffé.

Tabela 8 – Médias e contrastes ortogonais para os teores de Polifenóis totais (POL) e as relações Polifenóis/Nitrogênio (POL/N), Lignina/Fósforo (LIG/P), Polifenóis+Lignina/Nitrogênio (POL+LIG/N), Carbono/Nitrogênio (C/N) e Carbono/Fósforo (C/P) da fitomassa remanescente do *Canavalia Ensiformis* (L) DC. em função dos tratamentos

Tratamentos	Características avaliadas					
	POL	POL/N	LIG/P	POL+LIG/N	C/N	C/P
	mg g⁻¹					
T1 – Testemunha	45,251	0,792	28,437	1,791	10,94408	98,164
T2 – Compost-aid[®] + Soil Set[®]	35,878	0,680	25,774	1,777	10,94623	86,398
T3 – EM-1[®]	44,960	0,732	25,415	1,838	11,36767	88,874
T4 – Compost-aid[®]	44,040	0,714	30,899	1,895	12,11666	90,516
T5 – Nitrato de amônia[®]	42,051	0,718	29,181	1,878	11,00247	83,726
T6 – Fósforo Monopotássico - MKP[®]	55,491	1,183	24,117	2,524	11,42561	80,145
T7 – Nitrato de amônia[®] + Fósforo Monopotássico (MKP)[®]	40,644	0,733	23,178	1,757	11,57671	75,910
	Contrastes Ortogonais					
C₁ – 6T1 – (T2 + T3 +... + T6)	8,442 ^{NS}	-0,011 ^{NS}	12,057**	-0,923**	-2,771**	83,415**
C₂ – (T2 + T3 + T4) – (T5 + T6 + T7)	-13,308**	-0,509**	5,611**	-0,649**	0,426 ^{NS}	26,006**
C₃ – 2T2 - (T3 + T4)	-17,244 ^{NS}	-0,086 ^{NS}	-4,765 ^{NS}	-0,180 ^{NS}	-1,592**	-6,594 ^{NS}
C₄ – T3 - T4	0,920 ^{NS}	0,017 ^{NS}	-5,484 ^{NS}	-0,057 ^{NS}	-0,749 ^{NS}	-1,643 ^{NS}
C₅ – (T5 + T6) – 2T7	16,254 ^{NS}	0,436**	6,941 ^{NS}	0,888**	-0,725 ^{NS}	12,050 ^{NS}
C₆ – T5 - T6	-13,440 ^{NS}	-0,465**	5,064 ^{NS}	-0,646**	-0,423 ^{NS}	3,581 ^{NS}

^{NS} não significativo; ** significativo p<0,05, pelo teste Scheffé.

5. CONCLUSÃO

Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido conclui-se que:

- ✓ A aplicação dos probióticos, bem como a de N e P favorece a decomposição do material recalcitrante do *Canavalia ensiformis* (L) DC.
- ✓ O tempo estudado mostrou-se adequado, tanto para a decomposição do material recalcitrante, quanto para à mineralização dos macronutrientes nutrientes da fitomassa recalcitrante.
- ✓ Dentre os produtos testados o Compost-Aid® + Soil Set®, mostrou-se mais eficiente na decomposição do material recalcitrante do *Canavalia ensiformis* (L) DC.
- ✓ A relação Lignina/Nitrogênio, Polifenóis/Nitrogênio, Polifenóis+Lignina/Nitrogênio, apresentou acréscimo em função do estágio de decomposição da fitomassa.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.5, p.801-809, mai, 2014.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A. Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 227 – 264.
- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura e efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão in: *Atualização em Adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria, UFSM/Departamento de Solos, 1997, p.76-111.
- AITA, C. & GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:601-612, 2003.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1996. 171 p.
- ARATO, H. D. 2006. Caracterização química e decomposição de folhas de espécies arbóreas nativas da mata atlântica. Dissertação de mestrado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.
- BARRETO, A. C.; dos ANJOS, J. L.; FERNANDES, M. F.; SOBRAL, L. F. Uso de leguminosas. In: MELO, M. B.; SILVA, L. M. S. (Ed.). **Aspectos técnicos dos cítrus em Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. cap. 3, p. 25-28.
- BRANDÃO, S. da S. GIONGO, V. MENDES, A. M. S. SILVA, D. J. CUNHA, T. J. F. Taxa de decomposição de coquetéis vegetais com e sem revolvimento do solo no cultivado com mangueiras. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: anais. Viçosa, MG: SBCS, 2012. CD-ROM.
- BERG, C.; MCCLAUGHERTY, C. *Plant litter. Decomposition, humus formation, carbon sequestration*. 2nd ed. Berlin: Springer, 2008. 338 p.
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C. & BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:705-712, 1998.
- BELEWU, M. A.; BELEWU, K. Y. Cultivation of mushroom (*Volvariella volvaceae*) on banana leaves. *African Journal of Biotechnology*, v. 4, p. 1401-1403, 2005.
- BROWN, P. L.; DICKEY, D. D. Losses of wheat straw residue under simulated field conditions. **Soil Science Society of America. Proceedings**, v.34, p.118-121, 1970.

CAMPBELL, C. A.; MYERS, R. J. K.; WEIER, K. L. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.19, p.323 -332, 1981.

CANTARELLA, H.; ABREU, C. A.; BERTON, R. S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: GUERRINI, I.A.; BULL, L.T. **Encontro sobre matéria orgânica do solo**. UNESP, p.63-122. 1992.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, C. S. M.; AGUIAR, L. V. B.; SALES-CAMPOS, C. ANDRADE, M. C. N. Análise bromatológica e química de substratos à base de resíduos de bananeira antes e após o cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.10 n.3 p. 755 - 768 Set/Dez. 2014.

CARVALHO, J. E. B. de. Manejo e controle de plantas infestantes em fruteiras tropicais. Brasília, DF: Embrapa: SBCPD, 2013. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/985322>>. Acesso em: 11 Jan. 2015.

CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. Manejo de cobertura vegetal com leguminosas enel control integrado de malesas em citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE COBERTURA DE LEGUMINOSAS EM CULTIVOS PERMANENTES, Santa Bárbara Del zulia, Venezuela, 1998. **Compendio...** Santa Bárbara del Zulia: Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, 1998. p.108-130.

CARVALHO, A. M.; DANTAS, R. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P.; FONSECA, O. P. & GUIMARÃES JÚNIOR, R. 2010. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 15 p - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

CASTANHO, C. T. CASTANHO, C. T. Fatores determinantes no processo de decomposição em florestas do Estado de São Paulo, 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto - São Paulo, 2005.

CASTRO, A. L. A. Resíduo de lixadeira do algodão: produção de cogumelo, ensilagem e alterações da composição bromatológica e degradabilidade. 2003. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CHAVES B, DE NEVE S, HOFMAN G, PASCAL B. & CLEEMPUT O. V. (2004) Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio) chemical composition. *European Journal of Agronomy*, 21:161-170.

COSTA, G. S., GAMA-RODRIGUES, A. C. & CUNHA, G. M. 2005. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Norte Fluminense. *Revista Árvore*, 29: 563-570.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalária em função da fragmentação. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 384-394, May/June. 2012.

COSGROVE, D.J. Metabolism of organic phosphates in soil. In: McLAREN, A.D.; PETERSON, G.H. **Soil Biochemistry**. v. 1, p. 216 – 228, 1967.

COTTA, J. A. O. et al. Validação do método para determinação de Nitrogênio Kjeldahl Total. *Revista Analytica*, Rio de Janeiro, n. 26, p. 68-75, dez. 2006/ jan. 2007.

CONCEIÇÃO P. C.; AMADO T. J. C.; MIELNICZUK J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 777-788, 2005.

CORREA, M. L. P.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANETTI, A.; LEMOS, J. P.; CONCEIÇÃO, P. M. da. Interferência do feijão-de-porco na dinâmica de plantas espontâneas no cultivo do milho orgânico em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 2014. p. 160-172. Disponível em: <<http://www.abaagroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/viewFile/13337/10196>>. Acesso em: 11 Jan. 2015.

DERPSCH, R. et al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Journal Agriculture & Biology*, v.3, p.1-25, 2010. Disponível em: <<http://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/223>>. Acesso em: 3 jun. 2015.

DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America. Journal**, v.47, p.102-107, 1983.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. *Bragantia*, v.67, p.723-732, 2008.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. EMBRAPA. 1999. 412p.

ESPÍNDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.321-328, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n2/a12v30n2.pdf>>. Acesso em: 8 Jan. 2015.

FARIA, C. M. B. **Comportamento de leguminosas para adubação verde no Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 22 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63).

FRANKENBERGER, W. T. & ABDELMAGID, H. M. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant Soil*, 87:257-271, 1985.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTI, E. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: Incaper, 2008, 27 p.

FREITAS, M. do S. C. **Avaliação do potencial de leguminosas para adubação verde em um vinhedo no Submédio São Francisco**. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Água e Solo) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

GALLARDO, A. & MERINO, J. 1993. Leaf decomposition in two Mediterranean ecosystems of Southeast Spain: influence substrate quality. *Ecology*, 74: 721-727.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. & MENDONÇA, E. S. Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:581-592, 1999.

GAMA-RODRIGUES, A. C., BARROS, N. F. & SANTOS, M. L. 2003. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no Sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 27: 1021-1031.

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*, v. 31, n. 06, p. 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.

GONÇALVES, J. L. M. 1995. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: DISPERATI, A. A.; FERREIRA, C. A.; MACHADO, C.; GONÇALVES, J. L. M. & SOARES, R. V. (Orgs.) *Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas*, 1. Curitiba. p. 43-60.

HEINZ, R.; GARBIATE, V. M.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P. & VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. *Ci. Rural*, 41:1549 - 1555, 2011.

HEIM, A. & SCHMIDT, M. W. I. (2007) Lignin turnover in arable soil and grassland analysed with two different labelling approaches. *European Journal of Soil Science*, 58:599-608.

HOBBIE, S. E.; OLEKSYN, J.; EISSENSTAT, D. M.; REICH, P., 2010. Fine root decomposition rates do not mirror those of leaf litter among temperate tree species. *Oecologia* 162, 505-513.

INGHAM, E. R.; HORTON, K. A. Bacterial, fungal and protozoan responses to chloroform fumigation in stored soil. *Soil Biology Biochemistry*, Oxford, v. 19, n. 5, p. 545 – 550, 1987.

JENSEN, L.; SALO, T.; PALMASON, F.; BRELAND, T. A.; HENRIKSEN, T. M.; STENBERG, B.; PEDERSEN, A.; LUNDSTRÖM, C.; ESALA, M., 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralization from a broad variety of plant materials in soil. *Plant and Soil* 273, 307- 326.

JANZEN, H. H.; KUCEY, R. M. N. Carbon, nitrogen and sulfur mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. *Plant and Soil*, The Hague, v.106, p.35-41, 1988.

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. da Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa

duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1333-1342, 2010.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 1, p. 29-35, jan-mar, 2010.

LIMA, L. O. Atributos químicos do solo em função do arranjo populacional de leguminosas. TCC (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. 2013.

LUCA, E. F. de; 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**, Viçosa, MG, v. 32, p. 789-800, 2008.

LUPWAYI, N. Z. & HAQUE, I. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from Sesbania and Leucaena leaves varying in chemical composition. *Soil Biol. Biochem.*, 30:337-343, 1998.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; LIMA, P. C. & FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:141-149, 2011.

MARTINS, R. P.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; SOARES, C. R. F.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Mineralização do nitrogênio de plantas de cobertura, solteiras e consorciadas, depositadas sobre um solo com histórico de cultivo de cebola. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 61, n.4, p. 587-596, jul/ago, 2014.

MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980. 63p. (Temas de Biologia, 18).

MEDRADO, R. D.; CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; RIOS, E. M.; LANG, C. R. & LOPES, E. C. P. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. *Sci. Agrar.*, 12:97-107, 2011.

MORAES, R. N. S. Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. (Dissertação de Mestrado).

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

NOGUEIRA, A. R. A. et al. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, Ana Rita A.; SOUZA, Gilberto B. de. *Manual de Laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p: 139-175.

OLIVEIRA, T. C. T. **Crescimento, aporte de nutrientes e trocas gasosas de leguminosas associadas à *Vitis vinífera***. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; SALOMAO, G. B.; RECALDE, K. M. G. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema

submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 8, n. 3, p. 3-11, 2013.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 6, n. 3, p. 182 - 190, 2011. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/913247>> Acesso em: 22 abr 2015.

PALM, C. A.; GACHENGO, C. N.; DELVE, R. J.; CADISCH, G. & GILLER, K. E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: Application of an organic resource database. Agric., Ecosyst. Environ., 83:27-42, 2001.

PALM, C. A. & SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biol. Biochem., 23:83-88, 1991.

PECHE FILHO, A.; AMBROSANO, E. J.; LUZ, P. H. C. Semeadura e manejo de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 171 – 188.

PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. L.; VASCONCELOS, A. L. S.; CARVALHO, B. V.; OLIVEIRA, F. B.; NEVES, G. B. Resíduo de *Brachiaria* fertilizada com nitrogênio, na adubação do cafeeiro. Coffee Science, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, jul./set. 2014.

RANNELS, N.N.; WAGGER, M.G. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. **Agronomy Journal**, v.84, p.424 – 430, 1992.

RASSE, D. P.; DIGNAC, M. F.; BAHRI, H.; RUMPEL, C. A.; MARIOTTI, A.; CHENU, C. (2006) Lignin turnover in an agricultural field: from plant residues to soil protected fractions. European Journal of Soil Science, 57:530-538.

RODRIGUES, A. C. G.; RODRIGUES, E. F. G.; 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, n. 31, p. 1421-1428, 2007.

RODRIGUES, J. E. L. F.; ALVES, R. N. B.; LOPES, O. M. N.; TEIXEIRA, R. N. G.; ROSA, E. S. A importância do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no município de Ponta-de-Pedras/Marajó-PA. Belém: Embrapa Amazônia, 2004, 4p. (Comunicado Técnico n 96).

SALMI, G.P.; SALMI, A.P.; ABOUD, A.C.S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.673- 678, 2006.

SALMI, A. P. et al. Crescimento, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio de *Flemingia macrophylla*. Rev. Ceres, v. 60, n.1, p. 079-085, 2013.

SAMINÊZ, T. C. O. et al. Extração de nutrientes por espécies de adubos verdes sob Sistema orgânico de produção nas condições de verão dos cerrados. *Revista Brasileira de Agroecologia* (online), Cruz Alta, RS, v. 1, n. 1, 2006.

SANTOS, R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de duas espécies de adubos verdes manejados no período seco em cafezal. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.4, n.2, p.1342-1345, 2009.

SANCHES, A.; YSUNZA, F.; BELTRÁN-GARCÍA, M. J.; ESQUEDA, M. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: a source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 50, p. 2537-2542, 2002.

SANCHEZ, C. (2009) Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances*, 27:185-194.

SILVA, H. F. et al. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia. *R. bras. Bioci.*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 164-172, jul./set. 2014.

SOUSA, SAULO FERNANDO GOMES de. Avaliação da cultura do milho e da decomposição da palhada submetida à Hormesis. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013. v. 61 f.

SMITH, S.V.; SHARPLEY, A.N. Soil nitrogen mineralization in the presence of surface and incorporated crop residues. *Agronomy Journal*, v.82, p.112-116, 1990.

SWIFT, M. J., HEAL, O. W. & ANDERSON, J. M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.

TERROR, V. L.; SOUSA, H. C.; KOZOVIT, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude, *Acta. Bot. Bras.*, 25, 113–121. 2011.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant physiology*. Redwood City, Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 565p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Edição ampliada e revisada, *Boletim Técnico/UFRGS*, 1995, 174 pp.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 04, p. 1609-1618, 2008.

VAN SOEST, P.; WINE, R.H. Development of a comprehensive system of feed analysis and applications to forages. *Journal of Associate Official Agronomy Chemistry*, v.51, p.780-785, 1968.

VANLAUWE, B.; GACHENGO, K.; SHEPHERD, E.; BARRIOS, G.; CADISCH, G.; PALM, C. A. (2005) Laboratory validation of a resource qualitybased conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*, 69:1135-1145.

WAGNER, G.H. & WOLF, D.C. Carbon transformation and soil organic matter formations. In: D.M. Sylvia et al. (Ed.) Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ. 1999. P218-258.

WAGGER, M. G. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal*, Madison, v. 81, n. 2, p. 236 – 241, 1989. Talk residue in soil. *Soil Science*, Baltimore, v. 155, p. 48 – 52, Jan. 1993.

WAGNER, G.H.; BRODER, M.W. Microbial progression in the decomposition of corn stalk residue in soil. *Soil Sci.*, v.155, n.1, p.48-52, 1993.

WARDLE, D. A.; LAVELLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: CADISH, G; GILLEER, K. E. (Ed). *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. Wallingford: CAB International, 1997. P. 107 – 124.

WEILER, D. A. Decomposição de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo e emissões de óxido nitroso. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Biodinâmica e Manejo do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, RS, Brasil. 2012.

WHITE, P. A.; RICE, C. W. Tillage effects on microbial and carbon dynamics during plant residue decomposition. *Soil Science Society of Americana Journal*, Madison, v.73 n. 1, p. 138 – 145, Jan./Feb. 2009.