

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO

FABRÍCIO ELIAS VEIT

**DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DE PLANTAS DE
COBERTURA DE CICLO DE VERÃO CULTIVADAS NA SAFRINHA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2016

FABRÍCIO ELIAS VEIT

**DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DE PLANTAS DE
COBERTURA DE CICLO DE VERÃO CULTIVADAS NA SAFRINHA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Manejo Ecológico do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar
Conceição

DOIS VIZINHOS

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Coordenação de Agronomia
Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia nº 011

DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DE PLANTAS DE COBERTURA DE CICLO DE VERÃO CULTIVADAS NA SAFRINHA

por

Fabício Elias Veit

Monografia apresentada às dezesseis horas do dia dezesseis de dezembro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Manejo Ecológico do Solo, Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Examinadora:

Vitor Cauduro Girardello

Sidnei Kuster Ranno

Paulo Cesar Conceição

Prof. Dr Carlos Alberto Casali
Coordenador do Curso

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo.

Dedico este trabalho a minha
família e as pessoas que sempre
estiveram comigo nesta jornada
de trabalho, viagens, aulas,
estudos e pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a realização deste trabalho à minha família que sempre me ajudou em tudo que foi necessário, em nome de meus pais, Francisco Veit e Maria Lourdes Auth Veit, que me apoiaram em minha formação tanto pessoal quanto profissional, me dando forças e a orientação adequada para superar toda e qualquer dificuldade encontrada ao longo do tempo.

Agradeço a Deus por ter iluminado minha vida acadêmica e pessoal, e me dado condições para o término de mais essa etapa de vida.

Quero agradecer também a todo corpo docente do Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos, cujo apoio foi fundamental para o meu aprendizado, tanto como profissional, como integrante da sociedade. Professores que através de seus conhecimentos, orientações, ensinamentos e dedicações invejáveis proporcionaram, além da construção de um ambiente de profundas amizades, a excelência desse primeiro curso de Especialização. Em especial ao meu orientador, o professor Dr. Paulo Cesar Conceição e a toda sua equipe de alunos, cujo apoio foi de fundamental importância para a realização deste trabalho.

Agradeço também ao Carlos Fritzen e o Cleber Caneppele, amigos que tenho grande consideração e que me fizeram o convite para a realização desse curso, que possibilitou lembrar os bons tempos de amizade e convivência.

E, finalmente, agradeço aos colegas de aula que conheci, pois trocamos idéias, conhecimentos e experiências profissionais nesse período, além de terem me acolhido muito bem e nos tornarmos bons amigos.

O meu muito obrigado!

RESUMO

VEIT, FABRÍCIO ELIAS. **Decomposição da matéria seca de plantas de cobertura de ciclo de verão cultivadas na safrinha.** 2016. 40f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

Plantas de cobertura do solo podem ser excelentes alternativas para melhoria da qualidade do solo. Nesse contexto, espécies da família das leguminosas possuem a característica de fixarem N atmosférico e, com isso, contribuir para a redução do uso desse nutriente na cultura subsequente. Espécies de ciclo de verão (estivais) possuem maior capacidade de desenvolvimento e fixação de N atmosférico que espécies hibernais, mas concorrem com as culturas comerciais de verão. Nesse sentido, o cultivo delas no período de safrinha pode ser uma excelente estratégia na melhoria do sistema. Objetivou-se avaliar o potencial de produção de massa seca e fornecimento de Nitrogênio para a cultura subsequente de 7 sistemas de plantas leguminosas estivais *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.), *Crotalaria spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), Guandu anão (*Cajanus cajan* L.), Lab lab (*Dolichos lablab*), Mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), Mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e um sistema mantido sem as plantas de cobertura (Pousio), semeadas em fevereiro e manejadas em maio para semeadura da cultura da canola. O experimento foi conduzido na área experimental da UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, num Latossolo. Para a determinação do potencial de fornecimento de N foram dispostos a campo 5 sacos de decomposição por parcela, os quais foram retirados aos 15, 30, 45, 60 e 90 dias. Os resultados obtidos demonstraram produção de matéria seca variando de 725 a 3345 kg ha⁻¹ para a *Crotalaria spectabilis* e *juncea*, respectivamente. Quanto ao acúmulo de N no tecido vegetal os valores variaram de 29 a 112 kg ha⁻¹ para a *Crotalaria spectabilis* e Feijão de porco, respectivamente, sendo muito superiores ao obtido na área sob pousio, que possuía 8,7 kg ha⁻¹ de N acumulado. O Feijão de porco foi à cultura que disponibilizou a maior quantidade de N a cultura da canola ao longo do ciclo (71 kg ha⁻¹), mas também foi a que manteve a maior quantidade não liberada (41 kg ha⁻¹) similar ao ocorrido com a *Crotalaria juncea*. Essas duas culturas representam excelentes estratégias para uso no período de safrinha na região, como fonte de N para a cultura de inverno subsequente

Palavras-chave: Decomposição, liberação de N, leguminosas.

ABSTRACT

VEIT, FABRÍCIO ELIAS. **Decomposition of the dry matter of summer cycle cover crops grown in the late summer** . 2016. 40f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

Soil cover crops can be excellent alternatives for improving soil quality. In this context, species of the leguminous family have the feature to fix N atmospheric and with that contribute to the reduction of the use of this nutrient in the subsequent crop. Summer species have a higher capacity for the development and fixation of atmospheric N than winter species, but compete with commercial summer crops. In this sense the cultivation of them in the off-season can be an excellent strategy in improving the system. The objective was to evaluate the potential of dry mass production and nitrogen supply for the subsequent cultivation of 7 systems of leguminous summer plants *Crotalária juncea* (*Crotalaria juncea* L.), *Crotalária spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), Guandu anão (*Cajanus cajans* L.), Lab lab (*Dolichos lablab*), Mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), Mucuna preta (*Mucuna aterrima*) and a system maintained without the covering plants (fallow), sown in February and managed in May for sowing the canola crop. The experiment was conducted in the experimental area of UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, in an Oxisol. For the determination of the potential of N supply, 5 bags of decomposition per plot were disposed in the field, which were removed at 15, 30, 45, 60 and 90 days. The results obtained showed dry matter production varying from 725 to 3345 kg ha⁻¹ for *Crotalária espectabilis* and *juncea*, respectively. As for the accumulation of N in the plant tissue the values ranged from 29 to 112 kg ha⁻¹ for *Crotalária espectabilis* and Pork bean, respectively, being much higher than that obtained in the fallow area that had 8.7 kg ha⁻¹. The culture that provided the greatest amount of N to the canola crop during the cycle (71 kg ha⁻¹) but also was the one that maintained the largest amount not released (41 kg ha⁻¹) similar to that occurred with the sunflower. These two crops represent excellent strategies for use in the short-term period in the region, as a source of N for the subsequent winter crop

Keywords: Decomposition, release of N, legumes

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Bolsas de decomposição dispostas a campo para avaliação da taxa de liberação de Nitrogênio das culturas	29
Figura 2: Taxa de decomposição da matéria seca das plantas de cobertura.....	35
Figura 3: Liberação de Nitrogênio armazenado na matéria seca das plantas de cobertura.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Densidade de sementes (DS) utilizadas para estabelecimento das parcelas de plantas de cobertura estivais:	27
Tabela 2: Produção de matéria seca das plantas de cobertura do solo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.	32
Tabela 3: Teor de Carbono orgânico (C), Nitrogênio total (N), e relação Carbono:Nitrogênio (C:N) no tempo 0 das plantas de cobertura, Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.....	34
Tabela 4: Quantidade de Nitrogênio total (N) acumulado no tecido (tempo 0) e disponibilizado ao longo dos tempos de avaliação das plantas de cobertura, Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Plantio direto	13
2.2. Cultura da canola	14
2.3. Nitrogênio	15
2.4. Leguminosas	17
2.5. Taxa de decomposição	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. Caracterização da área e instalação do experimento	27
3.2. Decomposição da matéria seca	28
3.3. N acumulado	29
3.4. Análise estatística	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.2. Produção de matéria seca	31
4.3. Relação C:N, Carbono e Nitrogênio na parte aérea da planta	32
4.4. Matéria seca remanescente e N liberado	34
5. CONCLUSÕES	39
6. REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A agricultura paranaense utiliza massivamente como sistema de preparo de solo o plantio direto na palha. Sendo que, ultimamente é possível notar muitas lavouras degradadas, com compactação, erosões e limitações na produtividade, em decorrência da baixa adição de matéria seca no sistema e o abandono da rotação de culturas. O sistema de plantio direto possui três pilares básicos que são o mínimo revolvimento do solo, a rotação de culturas e a elevada adição de matéria seca para cobertura do solo por resíduos vegetais na superfície, possibilitando melhorias na qualidade física e química ao solo (ABEAS/LANDERS, 2005).

Com essa agricultura moderna, cada vez mais intensiva, necessitamos de um manejo que nos possibilite introduzirmos plantas de cobertura de solo nas entre safras, principalmente após a colheita do milho e a semeadura da cultura de inverno e/ou culturas de adubação verde de inverno. A rotação de culturas com leguminosas é uma alternativa a adubação Nitrogenada mineral. Poucos estudos avaliaram o efeito de espécies de adubos verdes, cultivadas no período outonal, entre a colheita do milho e a semeadura da cultura de inverno.

Neste esquema de sucessão de culturas, o feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*), guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), e o lab lab (*Dolichos lablab*) constituem-se em alternativas promissoras, devido ao ciclo e ao potencial em reciclar e disponibilizar nutrientes para as culturas de inverno.

Existem estudos com plantas de cobertura que indicam acúmulo de Nitrogênio que varia entre 60 e 183 kg ha⁻¹ (GIACOMINI et al., 2003; NUNES et al., 2011; VARGAS et al., 2011). Viola et al.(2013) utilizaram plantas de cobertura antecedendo a cultura do trigo e concluíram que as plantas de cobertura possuem relação C/N adequada para que não ocorra imobilização do N e para que sua liberação ocorra em sincronia com os estádios de maior demanda da cultura do trigo. O cultivo de espécies de cobertura ainda é uma prática pouco utilizada pelos agricultores brasileiros, por uma série de razões, que compreendem desde motivos de cunho comercial até dificuldades técnicas (NUNES et al., 2011).

A utilização da adubação verde com leguminosas no sistema de produção possibilita o fornecimento de N para as culturas, com um sistema radicular,

profundo e ramificado, que gera maior extração e reciclagem de nutrientes e melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados (PERIN et al.,2007).

Estudos avaliando o rendimento de grãos de milho em sucessão as leguminosas, sem o fornecimento de adubação nitrogenada, possibilitaram à obtenção de produtividade equivalente à aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N-mineral, sendo esta, uma forma de diminuir os custos de produção, principalmente na agricultura familiar (DAHLEM, 2013).

De acordo com os problemas já citados acima, soma-se o fato do viés financeiro, que a lucratividade das culturas está cada vez menor, assim, com o intuito de eliminar custos o agricultor também está abandonando técnicas importantes de manejo do solo, causando o desgaste do seu recurso natural mais importante, o solo, e limitando a produtividade das culturas. Dessa maneira, o presente trabalho está inserido diretamente no contexto atual da agricultura paranaense e fortemente ligado com as preocupações dos agricultores e comunidade acadêmica.

O estudo desse tema vai diretamente aos anseios da sociedade agrícola, seja ela de pesquisa, extensão ou propriamente os agricultores, que necessitam destes dados para a tomada de decisão e o auxílio para a adoção de novas tecnologias de manejo a fim de garantir a conservação do seu bem maior, que é o recurso natural solo.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a quantidade Matéria Seca produzida, N acumulado e a decomposição de 7 plantas de coberturas implantadas após a cultura do milho e antecedendo a cultura de inverno.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Plantio direto

O homem já cultivava plantas em um sistema parecido com o Plantio Direto a mais de 10.000 anos, utilizando uma madeira pontiaguda para colocar a semente no chão (ABEAS/LANDERS, 2005). Na Inglaterra esse processo foi melhorado em 1955 com o intuito de controlar a erosão hídrica (MELLO; CONCEIÇÃO, 2008). Porém, foi nos Estados Unidos, após o desenvolvimento de molécula química para o controle de ervas daninhas, que a tecnologia se desenvolveu com mais rapidez na região do Mid-West (Corn Belt) e Sudeste americano (ABEAS/LANDERS, 2005).

Segundo a EMBRAPA (1993) o plantio direto teve início no Brasil a partir de uma área experimental de apenas um hectare de sorgo em plantio direto no ano de 1968, na estação experimental de Não-Me-Toque-RS. E, o primeiro plantio de caráter comercial, em área de 10 hectares ocorreu em 1972, realizado pelo agricultor Herbert Bartz em Rolândia, no norte do Paraná, com o intuito de controlar a erosão e, também, impulsionado pela entrada no mercado brasileiro dos herbicidas dessecantes. (ABEAS/LANDERS, 2005). No decorrer dos anos esse sistema foi difundido em outras cidades paranaenses como Cornélio Procopio e Campo Mourão, espalhando-se pela região dos Campos Gerais e outras regiões paranaenses e do Brasil, consolidando a adoção desta importante tecnologia para a conservação do solo e incremento de produtividade (MELLO; CONCEIÇÃO, 2008).

Estimativas demonstram que o Brasil possui em torno de 32 milhões de hectares sendo cultivados em sistema de plantio direto e, no Estado do Paraná, esta área ultrapassa os 5,3 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014).

O sistema de plantio direto possui como pressupostos básicos o mínimo revolvimento do solo, a rotação de culturas e, a elevada adição de palhada, com manutenção da cobertura do solo por resíduos vegetais na superfície (REIS et. al., 2007). Constitui um tipo de manejo que favorece a ciclagem de nutrientes e

proteção do solo, com semeadura das culturas em sucessão, realizadas diretamente sobre os resíduos acumulados da (s) cultura (s) anterior (es) (CARVALHO; AMABILE, 2006).

A sustentabilidade desse sistema, entre outros fatores, está baseada na quantidade e na qualidade de resíduos culturais que são aportados, catalisando a atividade biológica do solo (RUEDELL, 1998). O uso de adubos verdes com elevada capacidade de produção de fitomassa e sistema radicular bem desenvolvido tem demonstrado ser a prática mais eficaz para compensar as limitações de aporte de resíduos das culturas de grãos (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). A Embrapa (2013) afirma que a produtividade de grãos na cultura da soja é 23,5% maior em sistema plantio direto do que em convencional, e o plantio direto possibilitou aumento de 20% nos teores de Carbono no solo, aumento de 31% nos agregados estáveis em água nas classes > 4 mm ao longo do tempo, e maior qualidade química e biológica do solo.

2.2. Cultura da canola

A canola é a terceira oleaginosa mais produzida no mundo. Trata-se de uma planta anual, herbácea, pertencente à família Brassicaceae, que produz grãos ricos em óleo de excelente qualidade. Esta cultura é responsável por 15% da produção de óleo vegetal comestível do mundo, embora também seja utilizada na produção de biodiesel e rações para animais (TOMM, 2007).

A produção nacional de canola em grãos na safra 2015, a produção atingiu 54,9 milhões de toneladas em 44,4 mil hectares semeados e estima-se que se repita essa área na safra 2016 (CONAB, 2016).

O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, e na safra 2016 cultivou 36,5 mil hectares com produção de 43,8 mil toneladas e produtividade de 1.200 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). E para a safra 2017 estima-se uma área plantada de 39 mil hectares, aumento de 6,9% na área em relação à safra 2016, em que o agricultor gaúcho optou pelo plantio de canola como opção de lavoura para geração de renda no inverno devido a ocorrência de perdas significativas nas safras de trigo anteriores (EMATER/RS, 2016).

O Estado do Paraná é o segundo maior produtor de canola do país, e apresentou produção da última safra de 11,2 mil toneladas em 6,5 mil hectares, o que representa 20,4% da produção brasileira, com produtividade de 1.390 kg ha^{-1} na safra 2016 (SEAB/DERAL, 2016).

No Brasil, pesquisas sobre a aplicação de N na cultura da canola são escassas, especialmente na região oeste do Paraná. As recomendações de cultivo da canola na região norte do Rio Grande do Sul indicam a utilização de 60 kg ha^{-1} de N na semeadura (solos com teor de matéria orgânica inferior a 25 g kg^{-1}) e mais 20 kg ha^{-1} para cada tonelada de grãos esperada acima da produtividade de 1.500 kg ha^{-1} . Do total indicado, aplicar, na semeadura, 30 kg de N por hectare e, o restante deve ser aplicado em cobertura, quando as plantas apresentarem quatro folhas verdadeiras (TOMM, et. al., 2009). No entanto, essas recomendações não consideram a cultura antecessora (leguminosas ou gramíneas) e nem o efeito das plantas de cobertura sobre a produtividade de grãos.

A qualidade fisiológica das sementes de canola é maior quando o Nitrogênio é fornecido em maior quantidade no início do ciclo da cultura, ou seja, em adubação durante a semeadura. As fontes e formas de aplicação do Nitrogênio durante o ciclo da cultura da canola influenciam na qualidade fisiológica das sementes produzidas, sendo que a forma do N utilizado na fertilização, ou seja, parcelamento do fertilizante nitrogenado durante o crescimento da planta afeta mais a qualidade das sementes do que a fonte de Nitrogênio utilizada (EGEWARTH, et. al., 2016).

2.3. Nitrogênio

O Nitrogênio é adicionado ao solo na forma de N-orgânico, após ocorre o processo de transformação para forma inorgânica (NH_4^+ e NO_3^-), chamado de mineralização, processo o qual é realizado pelos organismos do solo (BAYER, 1996). Através da atividade dos microorganismos heterotróficos, a matéria orgânica é mineralizada e, em seguida, ocorre à transformação do N-orgânico em amônia (NH_3), a qual em reação com a água forma o NH_4^+ (amonificação). Já o nitrato (NO_3^-) se forma através da oxidação do NH_4^+ , processo realizado por bactérias que atuam sob condições de solo drenado e pH neutro (nitrificação). Através da

atuação de bactérias do gênero *Nitrosomonas*, o amônio é transformado em nitrito (NO^{2-}) e posteriormente este é oxidado a nitrato com a atividade das bactérias do gênero *Nitrobacter* (SERRANA, 2000).

A canola é uma cultura altamente responsiva à aplicação de N (TOMM et al., 2009), e o fornecimento desse nutriente para a cultura pode ser feito no momento da semeadura e também em cobertura. Na ausência da adubação nitrogenada, as concentrações de N nas folhas foram consideradas como deficientes para a cultura da canola (LUCAS et. al., 2013).

Segundo ROLAS (2004), para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, na cultura da canola, recomenda-se aplicar 30 a 60 kg ha⁻¹ de N dependendo do teor de matéria orgânica no solo, para expectativa de rendimento de 1.500 kg ha⁻¹ de grãos, sendo que deve ser aplicado 15 kg ha⁻¹ de N na semeadura e o restante em cobertura. Tomm (2007) recomenda que o momento ideal para a aplicação de Nitrogênio em cobertura é quando as plantas de canola apresentam quatro folhas verdadeiras e, após esta fase, aplicações de N não são indicadas.

Além da produtividade de grãos, o N influencia a produção de matéria seca da parte aérea, a área foliar, o número e a massa seca de síliquas por planta e os teores de óleo nos grãos da canola (TOMM et. al., 2009). Lucas et. al. (2013) concluíram que a adição de N aumentou a produtividade de grãos de canola e, as concentrações de N na folha diagnóstica relacionaram-se positivamente com a produtividade da cultura.

O Nitrogênio incrementa a massa de mil grãos. O teor de óleo, os componentes morfológicos e a produtividade não respondem significativamente às doses de Nitrogênio, mas ocorreu interação entre os efeitos da irrigação e Nitrogênio para a massa de mil grãos e o teor de óleo (SANCHES et. al., 2014). Kaefer et. al. (2014) afirmam que o desempenho agrônômico da canola não é influenciado pelas fontes de N utilizadas, sulfato de amônio e uréia, sendo que a dose de 88 kg ha⁻¹ de N proporcionou os melhores resultados produtivos em canola e o conteúdo de proteína nos grãos de canola aumentou com a adubação nitrogenada.

CIESLIK (2014), em trabalho com leguminosas, afirma que as leguminosas avaliadas apresentam rápida decomposição inicial, com acentuada liberação de N nos primeiros 30 dias após o manejo da biomassa e, sendo assim apresentam-se

como boas opções de plantas de cobertura em sistema de plantio direto, podendo substituir a adubação nitrogenada mineral no milho.

Seguindo esse raciocínio, plantas leguminosas podem auxiliar quando utilizadas como adubos verdes, pois as espécies dessa família destacam-se pela capacidade de nodulação e fixação do nitrogênio atmosférico, além de associarem-se com fungos micorrízicos (AITA et al., 2001). E, o processo de fixação biológica do nitrogênio através da nodulação, onde ocorre a redução do N_2 devido ação da enzima nitrogenase, presente em alguns organismos do solo e, também, através do uso de inoculantes, irá fornecer Nitrogênio à cultura sucessora. A quantidade de N fixado pelas leguminosas varia em função da espécie e das condições climáticas (CALEGARI et al., 1993).

2.4. Leguminosas

Antes mesmo da Era Cristã, o uso de plantas de cobertura do solo como adubação verde já era conhecida e utilizada por alguns povos, sendo que a primeira civilização a utilizar essa técnica com o objetivo de fertilizar o solo foram os chineses (1134-247 a.C.). Posteriormente, os gregos e romanos utilizaram algumas espécies como tremoço, fava e outras leguminosas para melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade das culturas seguintes (PIETERS, 1927 citado por NEGRINI, 2007).

Dentre os principais objetivos almejados com a utilização de plantas de cobertura durante determinado período do ano, destacam-se: a formação de cobertura vegetal para proteção do solo; a manutenção da umidade e diminuição das oscilações de temperatura em superfície; facilitar a infiltração de água; melhorar a estruturação do solo (agregação e aeração); promover a reciclagem de nutrientes; adição de Nitrogênio pelo uso de leguminosas; possibilitar a competição/supressão das plantas daninhas, além de promover ao longo dos anos o aumento dos teores de matéria orgânica, proporcionando melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo (CALEGARI, 2004).

As leguminosas têm recebido atenção especial, pois, além de propiciarem cobertura do solo, apresentam potencial de fixação do N_2 atmosférico em simbiose com *Rhizobium* e, com a decomposição de seus resíduos, o N orgânico será mineralizado e absorvido pela cultura em sucessão, reduzindo, assim, as

quantidades de N mineral demandadas por culturas comerciais de verão (DERPSCH et al., 1985).

Em trabalho com leguminosas, Nunes et. al. (2011), afirmam, que, a prática de manejo com adubos verdes, possibilita melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, a baixo custo.

Para Amado, Mielniczuk e Aita (2002), o cultivo de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho pode resultar no aumento da produtividade, além do fato de que o uso das espécies leguminosas contribui com a redução da necessidade de adubo nitrogenado.

O uso de adubos verdes cultivados entre as culturas do milho e do trigo em substituição ao pousio, incorporam matéria seca ao sistema e reciclam nutrientes, proporcionando benefícios à cultura do trigo cultivada em sucessão (VIOLA et. al, 2013).

Vargas et. al. (2011), em cultivos de repolho em sucessão a leguminosas, concluíram que, o cultivo sobre a massa da parte aérea ou da planta inteira de leguminosas reduz a necessidade de adubação com N-mineral em 50% e áreas em que foram deixadas a parte aérea ou a planta inteira das leguminosas resultaram em maiores efeitos residuais sobre o segundo cultivo de repolho.

As palhadas das leguminosas, Mucuna-preta e da Crotalária, proporcionaram maior redução de matéria seca e população das plantas daninhas e maior produtividade de espigas comerciais de milho-verde em estudo de supressão de plantas daninhas por Queiroz et. al. (2010).

Entretanto, conforme observou Alvarenga et. al. (1995), o desempenho de cada espécie deve ser avaliado para cada particularidade de solo, clima e situação econômica do agricultor. Calegari et. al. (1993) considera que o uso de plantas de cobertura busca inserir nos sistemas produtivos espécies vegetais adequadas e adaptadas a cada região. Sendo assim, algumas espécies leguminosas de plantas de cobertura tornam-se possíveis de inserção no sistema produtivo local. Dentre elas destacam-se as seguintes espécies utilizadas no presente estudo:

2.4.1. *Crotalária juncea* (*Crotalaria juncea* L.)

É uma leguminosa anual, originária da Índia, de hábito de crescimento arbustivo ereto, podendo atingir entre 2 a 3 metros de altura, com ciclo de 120 a

150 dias e capacidade de produção de 10 a 15 toneladas de massa seca por hectare e fixação de Nitrogênio entre 300 a 400 kg ha⁻¹ (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

Possui um crescimento inicial rápido, podendo ser semeada no período de setembro á março. Com efeito alopático e/ou supressor de plantas daninhas bastante expressivo, produz elevada quantidade de fitomassa e adapta-se bem em diferentes regiões, com um bom comportamento nos solos argilosos e arenosos. Por seu rápido desenvolvimento, é um cultivo de notável valor para a cobertura de solo e adubação verde. Pode ser cultivada solteira, em consórcio ou intercalada a culturas perenes e, é empregada com grande sucesso em lavouras com problemas de nematóides, obtendo-se bastante êxito na diminuição das populações desses organismos do solo. O manejo deverá ser feito na fase de plena floração (110 a 140 dias), com rolo faca, gradagem, aração ou roçada (CALEGARI et al., 1993).

A *Crotalaria juncea*, devido à sua grande produção de matéria seca, proporciona maior redução da população de plantas daninhas e fornece, pela sua mineralização, maior quantidade de nutrientes às culturas sucessoras, e no caso do milho, possibilitou maior produtividade de espigas comerciais de milho-verde orgânico, em comparação com outras plantas de cobertura e o pousio (QUEIROZ et. al., 2010).

Para o seu cultivo recomenda-se semear em linhas espaçadas em 50 cm com 22 a 27 sementes por metro linear, necessitando-se de 25 kg ha⁻¹ de sementes. É tolerante a geadas leves e desenvolve-se bem em solos podres em fertilidade, porém é sensível a elevados teores de alumínio trocável no solo (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

2.4.2. *Crotalaria spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*)

Com origem na Ásia central, essa leguminosa possui um ciclo anual com duração entre 80 dias (variedades anãs) a 180 dias (variedades normais), com crescimento arbustivo ereto, atingindo entre 1,2 a 1,5 metros de altura, com produção de massa seca de 4 a 6 toneladas por hectare e capacidade em fixar Nitrogênio de 60 a 120 kg ha⁻¹ (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

Possui raiz pivotante profunda, podendo romper camadas compactadas, mas de crescimento inicial lento. Apresenta bom comportamento nos solos

relativamente pobres em fósforo, se adapta nas diferentes texturas de solo e possibilita sua semeadura no período de setembro a março, sendo que no período mais cedo haverá maior produção de fitomassa. Pode ser cultivada solteira, em consórcio ou intercalada a culturas perenes. É uma leguminosa bastante efetiva no impedimento da multiplicação das populações de nematóides e apresenta alta toxicidade para animais, em que leva a morte em 4 dias. O manejo deverá ser feito do florescimento ao início do enchimento das vagens, entorno dos 140 dias, com rolo faca, aração ou roçada (CALEGARI et al., 1993).

O espaçamento recomendado para a semeadura é de 50 cm entre linhas, com 30 a 35 sementes por metro linear, necessitando de 12 kg de semente por hectare e profundidade de plantio de 1 a 3 cm, adapta-se a vários tipos de clima e é bastante tolerante à seca e condições de baixa umidade, mas não tolera solos mal drenados. Desenvolve-se bem em solos pobres em fertilidade com faixas de pH variando entre 6,0 a 7,0 (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

Usada como planta de cobertura, proporcionou melhor desenvolvimento e produtividade da cultura do milho que a braquiária (PELÁ et. al., 2010).

2.4.3. *Guandu anão (Cajanus cajan L.)*

Essa espécie é provavelmente originária da Índia e da África tropical ocidental, e seus nomes comuns no Brasil são: Guandu, Feijão-guandu, Guando, Andu, Feijão andu, Sacha-café e Falso-café (WUTKE et. al., 2014). Possui hábito de crescimento arbustivo semi-perene podendo chegar a 3 m de altura e ciclo anual entre 80 dias em variedades anãs e 180 dias em variedades normais e produz de 5 a 9 toneladas por hectare de massa seca e tem capacidade de fixar de 120 a 220 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

Tem bom crescimento em solos tropicais e subtropicais, com bastante resistência à seca. Algumas variedades têm apresentado certa resistência ao frio, embora não toleram geadas fortes. É uma planta de dias longos, não tolera umidade excessiva nas raízes e é pouco exigente quanto a fertilidade, desenvolvendo-se em solos com pH de 5,0 a 8,0, mas condições de elevada fertilidade responde com alta produção de fitomassa. É uma planta rústica, que pode ser utilizada como adubação verde, produtora de grãos ou forrageira rica em proteínas para a alimentação animal. Recomenda-se plantios no período de

setembro à março, podendo perder as folhas e até morrer em condições de baixas temperaturas. Pode ser cultivada solteira, em consórcio ou intercalada a culturas perenes. O manejo, com o objetivo de adubação verde, deve ser realizado no florescimento, entre 140 a 180 dias, com rolo-faca, aração ou roçada (CALEGARI et al., 1993).

Para a semeadura em linhas recomenda-se espaçamento de 50 a 60 cm entre linhas com 20 a 30 sementes por metro linear, necessitando de 50 a 60 kg de sementes por hectare, possui um sistema radicular bem desenvolvido em profundidade tornando-se tolerante a secas e exigindo baixas precipitações pluviométricas durante seu ciclo e desenvolve-se melhor com temperaturas acima de 35°C. O crescimento é retardado abaixo de 18°C (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

O Guandu foi a espécie que apresentou sistema radicular mais profundo (2,02m) e com raízes de maior diâmetro (12,56 mm) e imobilizou as maiores quantidades de K, P e N, sendo a espécie mais promissora como adubo verde, especialmente pelas quantidades de nutrientes imobilizadas, sendo esses nutrientes os mais limitantes da produção das culturas comerciais no País (ALVARENGA et. al., 1995).

2.4.4. *Feijão de porco (Canavalia ensiformes)*

Originário da América Central, o Feijão-de-porco foi introduzido no Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas, SP, por volta de 1900. Essa espécie é anual, ereta, herbácea, com crescimento inicial lento, resistência a temperaturas elevadas, tolerância ao sombreamento parcial e adaptação aos solos com deficiência em fósforo (WUTKE et. al., 2014). A produção de massa seca por hectare varia de 3 a 6 toneladas, podendo alcançar de 0,8 a 1,0 metros de altura, com capacidade de fixação de Nitrogênio de 100 a 180 kg ha⁻¹ (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

É uma leguminosa muito rústica, resistente a altas temperaturas e à seca, não suportando geadas e adapta-se praticamente em todos os tipos de solo com clima tropical e subtropical. Recomenda-se efetuar o plantio a partir de setembro até março, podendo ser cultivada solteira, em consórcio ou intercalada a culturas perenes. O manejo deve ser feito do florescimento ao início da formação de vagens, entorno de 100 a 120 dias, utilizando-se rolo faca, aração ou roçada.

Planta que cobre bem o solo, com efeito alopático às invasoras, atuando eficientemente no controle da tiririca; como limitação existe o tamanho avantajado das sementes que leva a um gasto maior na implantação da cultura e, também, é hospedeira da mosca-branca, que transmite as viroses do feijoeiro (CALEGARI et al., 1993).

As raízes do feijão-de-porco cresceram até uma profundidade média de 92 cm e as raízes laterais apresentaram tendência de se desenvolver horizontalmente, e assim, atingiu maiores profundidades do que algumas leguminosas de ciclo mais longo; sendo que cobriu 60% do solo aos 40 dias e 97% do solo aos 90 dias no momento da floração (ALVARENGA et. al., 1995).

A semeadura recomenda-se que seja realizada com espaçamentos de 50 a 60 cm entre linhas com 7 a 10 sementes por metro linear, necessitando de 100 kg ha⁻¹ de sementes. Também são plantas muito resistentes às secas, sendo que retoma seu crescimento com a volta da precipitação (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

2.4.5. *Lab lab (Dolichos lablab)*

Espécie originária da África, o Lab lab é anual ou bianual, rasteira, de hábito de crescimento indeterminado, de ampla adaptação, não tolerante às geadas e com adequado desenvolvimento sob temperaturas entre 18° C e 25°C (WUTKE et. al., 2014). É um trepador livre, podendo atingir até 1,0 m de altura, produção de 3 a 6 toneladas por hectare de massa seca e fixação de Nitrogênio de 80 a 160 kg ha⁻¹ (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

Possui hábito indeterminado e é sensível ao fotoperíodo, razoavelmente tolerante à secas prolongadas, adapta-se aos diversos tipos de solo com melhor performance naqueles bem drenados e férteis, sendo que sem solos de fertilidade e pH baixo normalmente o crescimento é mais lento. A época recomendável para o manejo é entre o florescimento e o início da formação e vagens, o que ocorre entre 130 a 180 dias. O manejo é feito com herbicidas, rolo faca, aração ou roçada, cuidando com rebrotes, sendo que o ciclo completo da cultura é de 280 a 320 dias para a variedade Rongai, comum no Paraná pela semente vermelha (CALEGARI et al., 1993).

O Lab-lab apresentou acima de 90% de cobertura do solo em 40 dias e, suas raízes atingiram uma média de profundidade de 92 cm, ultrapassando

camadas de solo compactadas e, em locais de extrema compactação, teve maior número de raízes laterais, com diâmetro maior e cresceram mais (ALVARENGA et. al., 1995).

O espaçamento recomendado para semeadura é de 50 cm entre linhas com 10 a 12 sementes por metro linear, necessitando de 50 kg de semente por hectare, sendo semeada à profundidade de 3 a 10 cm. Não tolera secas severas, porém possui capacidade de extrair água de até 2 metros de profundidade. Possui capacidade de rebrote, sendo possível até três cortes por safra. Sendo útil para alimentação animal. Também é utilizada para recuperação de solos degradados, mas apresenta alta sensibilidade a solos com elevada salinidade e, é bom hospedeiro de nematóides formadores de galha (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

2.4.6. *Mucuna anã (Mucuna deeringiana)*

Sua origem é do continente africano, apresenta ciclo anual, variando de 90 a 120 dias, sendo uma herbácea, de hábito de crescimento determinado, com 0,6 a 1,0 metro de altura, produção de massa seca entre 2 a 4 toneladas por hectare e fixação de Nitrogênio de 50 a 100 kg ha⁻¹ (CONCEIÇÃO et. al., 2016). Não é trepadora, mas resistente à seca e beneficia-se de efeito residual de adubos. É menos rústica do que a *Mucuna-preta* e exige solos mais férteis (WUTKE et. al., 2014).

Desenvolve-se bem em diferentes tipos de solos, com resistência a condições de acidez e baixa fertilidade, e não tem apresentado problemas com pragas. O manejo deve ser realizado do florescimento ao início de enchimento de vagens (80 a 100 dias), com herbicidas, rolo-faca ou aração. É um adubo verde bastante recomendado para o plantio intercalado à culturas perenes, em função do hábito determinado, de não se agarrar à cultura principal, planejando com que o momento de manejo da *Mucuna-anã* e a liberação de nutrientes coincida com a época de maior demanda de Nitrogênio da cultura perene (CALEGARI et al., 1993).

A semeadura deve ser realizada em linhas espaçadas em 50 cm, com 10 a 12 sementes por metro linear, necessitando de 80 kg de sementes por hectare e possui sementes grandes, facilitando a sua semeadura. É suscetível à geada e requer alta luminosidade. Não tolera condições de alagamento e é pouco exigente

quanto à fertilidade. Consegue manter a produtividade em solos que possuem uma ampla margem de pH, variando de 5,0 até 8,0 (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

2.4.7. *Mucuna preta (Mucuna aterrima)*

Tem sua origem no sudoeste da Ásia e pode ser considerada a “rainha” das forrageiras devido a sua ampla e variada utilização, principalmente nos países africanos. Possui hábito de crescimento rasteiro ou trepador muito vigoroso, não ultrapassando os 90 cm de altura quando rasteira. De ciclo anual ou bianual, com produção de massa seca de 7 a 8 toneladas por hectare e capacidade de fixar Nitrogênio de 180 a 220 kg ha⁻¹ (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

As mucunas são consideradas “melhoradoras” dos solos, rústicas, efetivas controladoras da população de nematóides-formadores-de-galha, com elevada capacidade de fixação de Nitrogênio e de ciclagem de nutrientes (WUTKE et. al., 2014). A *Mucuna-preta* foi uma das espécie que apresentou maior velocidade de cobertura do solo a partir dos dez dias após a emergência, sendo que aos 40 dias já apresentava próximo de 80% de cobertura do solo (ALVARENGA et. al., 1995).

É uma planta que tem resistência a seca, à sombra, às temperaturas elevadas e é ligeiramente resistente ao encharcamento, desenvolvendo-se bem em solos ácidos e pobres em fertilidade. Pelo seu habito trepador deve-se realizar o manejo para que não se agarrem nem subam nas plantas perenes, quando em consórcio, em que no geral, o manejo deve ser realizado no florescimento a enchimento das vagens, entorno de 140 a 170 dias, com rolo-faca, aração ou herbicidas (CALEGARI et al., 1993).

Agricultores familiares a utilizam em consórcio com o milho, no qual é semeada 60 dias após do plantio do milho para não intervir na colheita, apresentando desenvolvimento inicial lento. Porém, ao final do primeiro mês após a semeadura, ela torna-se agressiva e acaba abafando as demais espécies da área; O uso dela após o ciclo do milho, de forma isolada, melhora o rendimento das atividades e atinge os mesmos objetivos pelo seu crescimento rápido (CONCEIÇÃO et. al., 2016).

Recomenda-se usar de quatro a sete sementes por metro linear, com espaçamento de linhas de 50 cm, sendo necessário entre 65 a 135 kg ha⁻¹ de sementes (WUTKE et. al., 2014).

2.5. Taxa de decomposição

A velocidade da decomposição dos resíduos culturais das espécies comerciais ou das plantas de cobertura é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em plantio direto, sendo o conhecimento dessa dinâmica fundamental para a compreensão do processo de liberação de nutrientes à cultura sucessora (KLIEMANN et al., 2006).

A relação C:N (Carbono/Nitrogênio) dos restos culturais interfere diretamente no processo enzimático de sua decomposição em húmus e a rapidez de decomposição é inversamente proporcional a relação C:N, ou seja, quanto menor a relação C:N, mais rápida será a decomposição dos restos culturais, pois há muito N à disposição dos microrganismos para constituírem seus próprios corpos, para a quantidade de C dos restos culturais (ALTMANN, 2010).

Observando a decomposição de diferentes espécies de plantas de cobertura de solo, Aita e Giacomini (2003) relatam que o processo de decomposição apresenta um padrão semelhante entre os resíduos, com fase inicial rápida seguida por outra fase mais lenta. No entanto, com a utilização de consórcios entre espécies, aveia e ervilhaca, ocorre uma redução da velocidade de decomposição dos resíduos culturais, promovendo maior tempo de cobertura do solo, em relação ao uso de ervilhaca solteira.

Para Floss (2000) o tempo de permanência dos resíduos de cobertura sobre o solo é determinado pela velocidade de decomposição de cada material, pois quanto mais rápido for este processo, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo assim, a proteção do solo. Entretanto, resíduos que possuem maiores conteúdos de lignina e relação C:N, levam mais tempo para serem decompostos.

Resíduos com uma relação C:N elevada, acima de 25, formam uma cobertura morta estável, que contribui para a estruturação do solo e a proteção da sua superfície ao impacto da chuva e radiação solar e, nesse caso, indica-se o cultivo de uma leguminosa em sucessão, pois há condições favoráveis ao sistema radicular e à fixação biológica de Nitrogênio. E, em resíduos com uma relação C:N baixa, abaixo de 25, a mineralização do Nitrogênio é mais rápida (CALEGARI et al., 1993).

Curvas de decomposição envolvendo consórcio entre aveia e ervilhaca situar-se num patamar intermediário ao observado nos tratamentos com essas duas espécies em culturas solteiras, sendo que tais resultados podem ser atribuídos às alterações na composição química da fitomassa dos consórcios em relação às culturas solteiras (AITA, GIACOMINI, 2003).

As taxas de decomposição dos materiais de cobertura dependem da natureza do material vegetal, do volume de material, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e, das condições climáticas, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura. Esses fatores, por sua vez, afetam a atividade microbiológica do solo. Também não se pode ignorar a importância da atividade da mesofauna numa etapa inicial de degradação física do material, expondo maior superfície de contato ao ataque da biomassa microbiana (ALVARENGA et al. 2001).

O sucesso do sistema plantio direto está ligado à definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura de solo. Nos cerrados, a persistência de palhadas para plantio direto é dependente das condições de umidade e temperatura elevadas em boa parte do ano, que resultam em rápida decomposição da fitomassa depositada sobre o solo (CALEGARI et al., 1993).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área e instalação do experimento

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos, situada a 25° 42' 52" de latitude Sul e longitude de 53° 03' 94" Oeste, a 530 metros acima do nível do mar. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho (CABREIRA, 2015). O clima da região é Cfa (subtropical úmido) sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente de 22°C (ALVARES et al., 2013)

A área experimental vem sendo cultivada com sucessão entre milho e plantas de cobertura do solo há quatro anos. O delineamento foi blocos ao acaso com três repetições, cada parcela apresentando 25 m². Foram estabelecidos sete sistemas de cobertura do solo: Feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), Mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), Mucuna preta (*Mucuna aterrima*), Guandu anão (*Cajanus cajan*), Crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), Lablab (*Dolichos lablab*) e o Pousio. As plantas de cobertura foram semeadas em fevereiro, após a cultura do milho, como alternativa para safrinha em sistema plantio direto, com espaçamento de 45 cm entre linhas e cada espécie com sua respectiva densidade (Tabela 1).

Tabela 1: Densidade de sementes (DS) utilizadas para estabelecimento das parcelas de plantas de cobertura estivais:

Nome comum	Nome científico	DS kg ha ⁻¹
Crotalária juncea	<i>Crotalaria juncea</i>	25
Crotalária spectabilis	<i>Crotalaria spectabilis</i>	12
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformes</i>	100
Guandú anão	<i>Cajanus cajan</i> L.	30
Lablab	<i>Dolichos lablab</i>	50
Mucuna anã	<i>Mucuna deeringiana</i>	80
Mucuna preta	<i>Mucuna aterrima</i>	60
Pousio*	=	-

* As parcelas de Pousio permaneceram somente com espécies espontâneas.

Quando as plantas de cobertura completaram 72 dias após a semeadura foi coletado o material vegetal para determinação da massa seca (MS), momento do manejo das plantas de cobertura. Para retirada de MS foi utilizado um quadro metálico de 0,25 m², esse quadro foi lançado na parcela e retirada toda a palha que ficou dentro da área interna, foram coletadas duas amostras por parcela. Após a coleta essas amostras foram levadas a estufa a 50°C para secagem. Posteriormente, as amostras foram pesadas e calculada a produção de MS por hectare. Das amostras secas foi retirado uma pequena amostra que serviu para determinação de C e N. Após a coleta de MS foi estabelecida a cultura de inverno, nesse caso a canola, em plantio direto, semeada com espaçamento de 17 cm entre linhas e 40 plantas.m⁻² o que ocorreu no dia 04 de maio, sem dessecação das plantas de cobertura.

3.2. Decomposição da matéria seca

A decomposição das plantas de cobertura foi determinada através de bolsas de decomposição (litter bags) confeccionadas com tecido *voil* medindo 20 x 20 cm totalizando uma área interna de 0,04 m² (Figura 1). Estas bolsas foram preenchidas com material vegetal seco em estufa de ventilação forçada e fracionado em pedaços de aproximadamente 10 cm. A quantidade de material vegetal adicionado na bolsa foi proporcional a produzida por cada cultura por hectare, pela média da produção dos três blocos para cada cultura, assim todos os blocos tiveram a mesma quantidade de palha em cada cultura. Foram confeccionadas seis bolsas de igual peso para cada material vegetal e 5 delas depositadas a campo entre as linhas da canola, sendo uma reservada para controle (tempo zero) armazenada em local seco.

A quantificação da taxa de decomposição foi realizada através da determinação da perda de massa, sendo as coletas em intervalos regulares aos 15, 30, 45, 60 e 90 dias. Após cada coleta, as bolsas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de $\pm 65^{\circ}\text{C}$, por 48 horas, em seguida o material vegetal remanescente foi pesado em balança semi-analítica. Posteriormente, foram triturados em moinho de facas tipo willey, equipado com peneira de 20 mesh.



Figura 1: Bolsas de decomposição dispostas a campo para avaliação da taxa de liberação de nitrogênio das culturas

3.3. N acumulado

As determinações dos teores de N total presente nos tecidos vegetais das plantas de cobertura foram realizadas conforme metodologia descrita em Embrapa (1999). Para estimativa de liberação de N pelas plantas de cobertura foi calculada pela diferença nos teores de N do tempo zero em relação aos demais períodos coletados a campo. A quantidade de C orgânico foi analisada seguindo indicações do método de Yeomans e Bremner (1988), com algumas modificações. Utilizou-se 0,1g de tecido vegetal, seco e moído, colocado em tubo de ensaio, onde foram acrescentados 10 ml (pipetados) de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,337M e 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Em bloco digestor pré-aquecido por 30 minutos a $150^\circ C$ foram colocados os tubos de ensaio com as amostras, sendo depositadas sobre cada tubo, esferas de vidro para evitar perdas de gases por volatilização, permanecendo no bloco digestor por 30 minutos sob mesma temperatura. Após a digestão as amostras foram transferidas para erlenmeyers de 250 ml, foram adicionados 2 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) (puro) e 4 a 5 gotas de indicador difenilamina 1% (diluído em H_2SO_4 concentrado), sendo

as amostras tituladas com sulfato ferroso (0,5M). Os valores obtidos na titulação foram aplicados nas fórmulas:

$$A = [(V_{ba} - V_{am}) * (V_{bm} - V_{ba}) / V_{bm}] + (V_{ba} - V_{bm})$$

CO (dag kg⁻¹) = ((A * molaridade de sulfato ferroso) * 3 * 100 / peso amostra * 1000)

Onde:

CO= Carbono Orgânico

V_{am}= Volume gasto de sulfato ferroso (0,5M) na titulação da amostra;

V_{ba}= Volume de sulfato ferroso gasto na titulação do branco aquecido;

V_{bm}= Volume de sulfato ferroso gasto na titulação do branco não aquecido.

3.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa computacional Assistat 7.6 Beta (2012) desenvolvido por Silva e Azevedo (2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2. Produção de matéria seca

A Crotalária juncea e o Feijão de porco foram as espécies que se destacaram na produção de matéria seca (Tabela 2).. A Crotalaria juncea produziu cerca de 2.620 kg ha⁻¹ a mais que a espécie de cobertura que teve o pior rendimento, que foi a Crotalária spectabilis. O potencial de produção de MS dessas espécies, assim como as demais é maior, sendo que o Feijão de porco e Crotalaria juncea chegaram a 8.400 e 4.700 Kg ha⁻¹ de massa seca respectivamente, em anos anteriores na mesma região do experimento (CIESLIK, 2014) quando o seu ciclo foi levado até cerca de 150 dias. Então, essa menor produção pode ser devida ao tempo que o material permaneceu a campo, sendo que a maioria das culturas ainda não havia completado seu ciclo e tinha potencial para se desenvolver mais. O Lab lab e o Guandu anão não diferiram das espécies com maior produção e nem da espécie com pior produção (a Crotalaria spectabilis, devido, possivelmente ao alto valor do CV encontrado na produção de matéria seca). Como os valores das produções foram muito desuniformes o coeficiente de variação também foi alto.

A produção de matéria seca é muito dependente do clima, tipo e fertilidade do solo e regime hídrico de cada região. Nunes et. al. (2006) encontraram produções de 4.013 Kg ha⁻¹ para o Guandu e de 2.733 Kg ha⁻¹ para a Crotalária juncea no município de Diamantina-MG. Torres et. al. (2005) encontraram produções de matéria seca de 2.700 Kg ha⁻¹ para o Guandu e 3.700 Kg ha⁻¹ para a Crotalária juncea no município de Uberaba-MG.

Viola et. al. (2013) com outras espécies (Nabo forrageiro, Ervilhaca comum, Ervilha forrageira, Tremoço e Feijão) obteve produtividades maiores, com matéria seca variando de 1.000 a 5.800 Kg ha⁻¹, no período médio de 112 dias de cultivo, na região de Pato Branco – PR. Os autores sugerem que essa elevada produtividade foi obtida pela alta fertilidade do solo local e, pela adaptabilidade das culturas à região.

Em outro estudo avaliando nabo forrageiro e ervilhaca comum, os autores obtiveram produção de matéria seca de 3.720 e 2.660 Kg ha⁻¹, respectivamente,

cultivadas num período de 120 dias, em Santa Maria - RS (AITA & GIACOMINI,, 2003). Então, considerando que essas culturas do presente estudo foram desenvolvidas num período de safrinha (fevereiro a maio), a produção de MS é interessante para compor um sistema de produção com uso de outras culturas dependentes de adubação nitrogenada.

Tabela 2: Produção de matéria seca das plantas de cobertura do solo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.

Nome comum	Nome científico	Produção Kg ha ⁻¹	
Crotalária Juncea	<i>Crotalaria juncea</i>	3345,0	a
Crotalaria Spectabilis	<i>Crotalaria spectabilis</i>	725,0	cd
Feijão de Porco	<i>Canavalia ensiformes</i>	3245,0	ab
Guandú Anão	<i>Cajanus cajan L.</i>	2000,0	abc
Lablab	<i>Dolichos lablab</i>	1840,0	abcd
Mucuna Anã	<i>Mucuna deeringiana</i>	1352,5	cd
Mucuna Preta	<i>Mucuna aterrima</i>	1720,0	bcd
Pousio*	=	385,0	d
CV%	=	46.15	-

Onde: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

* As parcelas de pousio permaneceram somente com espécies espontâneas.

4.3. Relação C:N, Carbono e Nitrogênio na parte aérea da planta

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas para os teores de C (Tabela 3). Isso também ocorreu em estudo de Cieslik (2014), que também não encontrou diferença em um dos anos pesquisados.

Os tratamentos apresentaram diferença nos teores de N da parte aérea, onde as menores concentrações ocorreram no Pousio. Os maiores valores ocorreram na Crotalária spectabilis e Mucuna anã, 40,7 e 38,6 g kg⁻¹ respectivamente, mas que não se diferiram das demais plantas de cobertura do solo. Houve diferenças apenas dessas duas culturas para o material sobre a parcela de Pousio, composta de vegetação espontânea.

A relação C:N dos materiais de forma geral foi baixa, o que se deve, principalmente, por se tratar de espécies leguminosas, mas a relação encontrada no presente trabalho foi menor que a encontrada em outros trabalhos utilizando

plantas da mesma espécie. Os valores da relação C:N variaram entre 7,6 e 13,8:1 na *Crotalaria spectabilis* e na *Crotalaria juncea*, respectivamente. Essa diferença possivelmente se deve ao maior teor de N encontrado na *Crotalaria spectabilis* e pelo menor teor de C, pois possui menos estruturas lignificadas. Cieslik (2014), em trabalho com essas leguminosas, encontrou relações entre 10 e 20:1 nas mesmas plantas. Uma das razões da menor relação C:N neste estudo se deve ao fato da avaliação ter sido feita quando as culturas ainda não estavam na floração, não possibilitando acúmulo de teores maiores de C nas plantas. Com isso, obtém-se taxa de decomposição de resíduos culturais maiores, proporcionando uma cobertura de solo por menos tempo e uma rápida liberação de N ao sistema.

Giacomini et. al. (2003) encontraram a menor relação C:N de 12,8:1 em Ervilhaca, em período de floração, valor muito próximo ao valor da *Crotalaria juncea*, concordando com a idéia de que esse valor foi abaixo do normal. Sob o ponto de vista de manutenção da palhada é desejável relações C:N acima de 25:1, pois assim teremos menores mineralizações de N, maior tempo de cobertura do solo, menor impacto das gotas da chuva e, conseqüente, menor poder erosivo. Mas, sob o ponto de vista de disponibilidade de N para as plantas subseqüentes, uma baixa relação C:N é desejável, para que ocorra a mineralização líquida e disponibilização desse elemento as culturas sucessoras.

Viola et. al. (2013) obtiveram dados com relação C/N variando de 10 a 24:1 nas culturas de Nabo forrageiro, Ervilha forrageira, Ervilhaca comum e Tremoço, indicando que a mineralização tende a ser superior à imobilização, com maior disponibilização de N durante o processo de decomposição dos restos vegetais, o que é benéfico à cultura cultivada em sucessão.

A relação C:N dos materiais influenciou diretamente na matéria seca remanescente, em que *Crotalaria Juncea*, Pousio e Guandu Anão com relação C:N de 13,8; 13,2 e 12,6 respectivamente, foram os materiais que apresentaram maiores quantidades de matéria seca remanescente após 15 dias confirmando resultados de outro estudo (Aita & Giacomini, 2003).

Aita et. al. (2001) apontam que espécies com relação C/N entre 10 e 15:1 são adequadas para o cultivo antecedendo gramíneas.

Tabela 3: Teor de carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), e relação carbono:nitrogênio (C:N) no tempo 0 das plantas de cobertura, Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.

PLANTAS DE COBERTURA	C	N	C:N
Crotalária Juncea	383,5 *	27,8 ab	13,8 a
Crotalaria Spectabilis	311,0	40,7 a	7,6 b
Feijão de Porco	367,8	34,5 ab	10,6 ab
Guandú Anão	363,9	28,9 ab	12,6 ab
Lablab	349,0	34,1 ab	10,2 ab
Mucuna Anã	352,1	38,6 a	9,1 ab
Mucuna Preta	355,6	36,4 ab	9,8 ab
Pousio	297,5	22,5 b	13,2 ab
CV%	12,9	19,42	19,33

Onde: Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância * Não significativo ao nível de 5% no teste de Tukey

4.4. Matéria seca remanescente e N liberado

A taxa de decomposição, das leguminosas é mais acelerada nas primeiras semanas após o seu manejo (HEINZMANN, 1985). Todos os materiais de cobertura de solo apresentaram uma baixa relação C:N, associada a uma baixa produção de matéria seca, e isso pode ter influenciado na rápida decomposição do material (Figura 2). Nos 15 primeiros dias de avaliação os materiais já haviam perdido em média 30% de seu material pela decomposição. A Crotalária juncea foi a que menos perdeu matéria por decomposição, pois apenas 23% da MS foi decomposta nos 15 dias iniciais da avaliação, também influenciada pelo maior teor de C e, provavelmente, pela lignina presente no material vegetal e a Crotalaria spectabilis foi a que mais obteve redução da matéria seca, sendo que essa espécie perdeu 42% já nas duas primeiras semanas dessa avaliação e apresentou o maior teor de N no tecido. Outro fator que pode explicar a rápida decomposição dos materiais é a umidade do solo, sendo que no período de avaliação não ocorreram estiagens que pudessem interferir na decomposição do material.

Já para Viola et. al. (2013), aos 15 dias após a alocação em campo dos *litter bags*, as taxas de decomposição foram de 39, 32, 28, 24, 14 e 5%, respectivamente, para o Nabo forrageiro, Ervilhaca comum, Ervilha forrageira, Tremoço, Feijoeiro e Milho. Aos 28 dias, 44 e 45% da matéria seca inicial do Nabo

forageiro e da Ervilhaca comum, respectivamente, ainda permaneciam na superfície do solo.

Aita & Giacomini (2003), para o mesmo período, relatam permanência de 75 e 57% da matéria seca inicial para Nabo forrageiro e Ervilhaca comum, respectivamente, e observaram que em todos os tratamentos com diferentes plantas de coberturas, a cinética do processo de decomposição dos resíduos culturais apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida, seguida de outra mais lenta, fato que se repetiu neste estudo.

Comparando a matéria seca remanescente da *Crotalária juncea* e *Crotalária spectabilis*, podemos observar claramente que, quanto maior o teor de N do material, maior será sua taxa de decomposição no período de 15 dias após o manejo. E a *Mucuna anã* teve uma decomposição rápida no início e depois se manteve estável até os 90 dias, mantendo em torno de 50% de matéria seca remanescente no período de 15 a 90 dias.

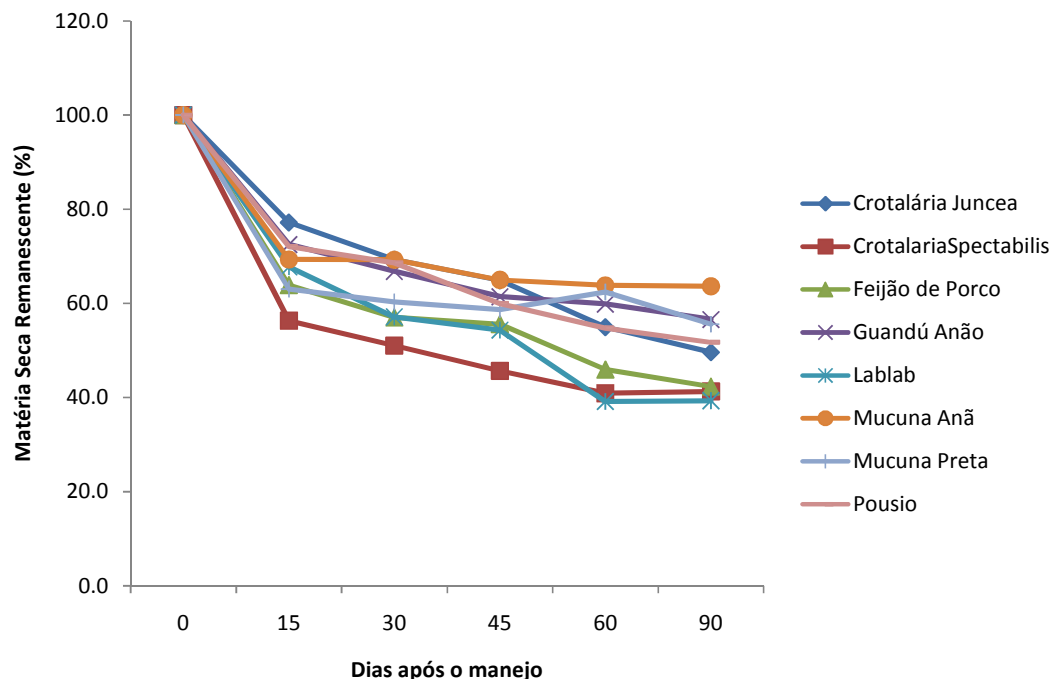


Figura 2: Taxa de decomposição da matéria seca das plantas de cobertura

Viola et. al. (2013) obtiveram as maiores liberações de N, nos primeiros 14 dias, e foram observadas para a Ervilhaca comum (51%), Ervilha forrageira (39%) e o Tremoço (38%). Aos 28 dias após a deposição dos *litter bags*, a Ervilha

forageira, o Tremoço e a Ervilhaca comum contribuíram com, respectivamente, 84 e 63 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Tais espécies contribuíram com a totalidade de 111 e 56,77 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente.

Para AITA & GIACOMINI (2003), em Ervilhaca solteira, a maior parte do N foi liberada durante os primeiros quinze dias de decomposição dos resíduos culturais e, a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais das plantas de cobertura, foi inversamente proporcional às relações C/N e diretamente proporcional às concentrações de N total na fitomassa.

Houve diferenças significativas para o N total acumulado na matéria seca e para o disponibilizado ao longo do tempo. Com exceção da parcela do pousio, todas as outras espécies se tratam de leguminosas e não diferiram entre si nos teores de N (Tabela 3). Então as diferenças nos resultados de N total acumulado se devem a diferenças na produção de matéria seca (Tabela 2).

Tabela 4: Quantidade de nitrogênio total (N) acumulado no tecido (tempo 0) e disponibilizado ao longo dos tempos de avaliação das plantas de cobertura, Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.

PLANTAS DE COBERTURA	DIAS APÓS O MANEJO					
	0	15	30	45	60	90
	N Kg ha ⁻¹					
Crotalária juncea	93,07 ab	47,35 ab	57,36 ab	47,60 a	42,79 a	40,43 a
Crotalariaspectabilis	29,48 bc	17,84 cd	17,02 cd	15,65 cd	13,45 bc	11,61 cd
Feijão de porco	112,11 a	65,16 a	59,08 a	52,51 a	33,58 a	40,87 a
Guandú anão	57,85 abc	39,77 bc	35,90 abc	32,39 b	28,38 ab	26,31 b
Lablab	62,79 abc	35,93 bc	28,81 cd	28,71 bc	15,02 bc	17,42 bc
Mucuna anã	52,17 abc	33,48 bc	31,92 c	29,13 bc	27,02 cb	21,41 bc
Mucuna preta	62,58 abc	38,76 bc	32,41 bc	32,75 bc	30,95 ab	26,55 b
Pousio	8,67 c	6,45 d	6,99 d	6,02 d	5,18 c	3,62 d
CV%	38,19	23,38	25,25	16,07	23,32	14,16

Onde: Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância * Não significativo ao nível de 5% no teste de Tukey

Como pode ser observado de forma gráfica na Figura 3, o Feijão de porco e Crotalária juncea foram os tratamentos que mais contribuíram na quantidade de Nitrogênio disponibilizada ao solo. Essas culturas obtiveram uma boa produção de matéria seca associada a teores de Nitrogênio relativamente altos. Os níveis de N

no material vegetal da *Crotalaria spectabilis* foram os maiores (Tabela 3), mas em compensação, essa espécie foi uma das que menos produziu matéria seca (Tabela 2)., com isso sua contribuição de N para o sistema foi baixa.

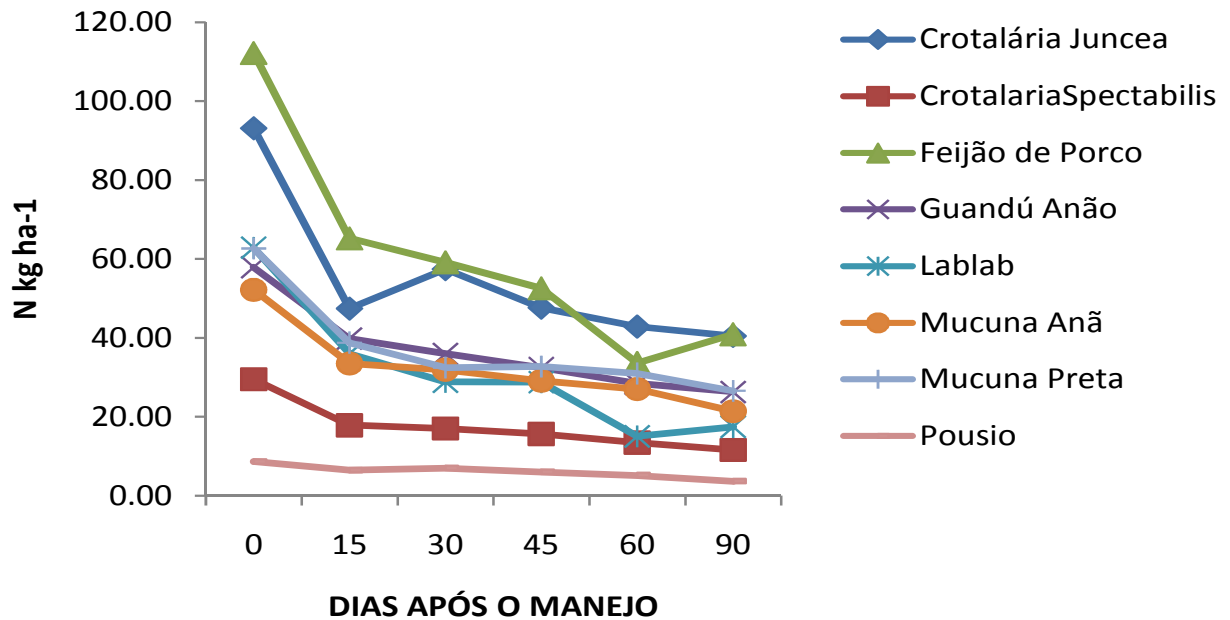


Figura 3: Liberação de Nitrogênio armazenado na matéria seca das plantas de cobertura

O Feijão de porco armazenou $112 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N e a *Crotalaria juncea* $93 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, fato este devido aos teores de N nos tecidos e pela quantidade de matéria seca produzida pelas mesmas, mostrando assim o grande potencial para utilização como fonte de N para a cultura sucessora. Em 15 dias essas duas culturas já haviam liberado mais de 45 kg de N por hectare, quantidade compatível com o necessário para a cultura de canola estabelecida na seqüência que dessa forma pode ser cultivada sem necessidade de uso de adubação nitrogenada química e sem comprometer o seu potencial produtivo. E ainda essas plantas permanecem com 50% do N nos seus tecidos que a partir dos 30 dias disponibilizam lentamente ao sistema, evitando perdas por lixiviação.

AITA & GIACOMINI (2003) encontraram valores de $53 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N adicionado pela cultura do nabo forrageiro solteiro e $77 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N adicionado pela cultura da ervilhaca solteira e de $88 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ no consórcio Aveia preta+Ervilhaca, demonstrando a interação positiva entre as duas culturas em

consorcio e indicando que ainda é possível melhorarmos os dados obtidos nesse trabalho, mas devemos utilizar o consorcio de leguminosas com gramíneas.

O sucesso do sistema plantio direto está ligado à definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura de solo; nos cerrados, a persistência de palhadas para plantio direto é dependente das condições de umidade e temperatura elevadas em boa parte do ano, que resultam em rápida decomposição da fitomassa depositada sobre o solo (CALEGARI et al., 1993).

Já para Viola et. al. (2013) os maiores acúmulos de Nitrogênio foram observados para a ervilha forrageira (209 kg ha^{-1}) e o tremoço (162 kg ha^{-1}) em que o bom desempenho da Ervilha forrageira e do Tremoço deve-se à elevada produção de MS e concentração do nutriente. Confirmando que a produção de matéria seca é um fator que afeta positivamente a disponibilidade de N ao solo.

AITA & GIACOMINI (2003) quando utilizaram o consorcio de Aveia e Ervilhaca, obtiveram uma redução na decomposição dos resíduos culturais, em relação à Ervilhaca solteira, porém o efeito dessa prática sobre a velocidade de liberação de N na fase inicial de decomposição foi pequena.

O Pousio apresentou o menor acúmulo de N e menor produção de massa seca por hectare, não contribuído de forma satisfatória com o sistema plantio direto.

5. CONCLUSÕES

A Crotalária juncea e o Feijão de porco foram as culturas que apresentaram maiores produções de matéria seca e as que armazenaram maiores quantidade de N por hectare.

A crotalaria juncea permaneceu com 50% da sua matéria seca remanescente até os 60 dias, enquanto que o feijão de porco apenas até 30 dias.

Dentre os materiais avaliados, a Crotalária juncea e o Feijão de porco são as culturas mais adequadas para essa condição de implantação de plantas de cobertura e fornecimento de N á cultura sucessora no período de entressafra outono-inverno.

A utilização de plantas de cobertura proporciona adição de matéria seca ao sistema plantio direto, ciclagem de nutrientes, como o N.

Os resultados demonstram que o plantio isolado de leguminosas proporcionou material de baixa relação C:N.

São necessários outros estudos que visam a formação de um consórcio com plantas de relação C:N maior, para termos melhores resultados de produção de massa seca, massa seca remanescente e teores de N maiores.

A implantação de culturas sucessoras, que demandam maiores quantidades de N, deve ser semeada imediatamente após o manejo das plantas de cobertura.

6. REFERÊNCIAS

- ABEAS. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto** (Curso Plantio Direto. Módulo 1). Tutor: LANDERS, John. ABEAS; Brasília. DF: Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 113 p. 2005.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de plantas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.241-248, 2002.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. **Decomposição de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa v.27, p.601-612, 2003.
- AITA, C. et al. **Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.25, p.157-165, 2001.
- ALTMANN, N. **Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 568p. 2010.
- ALVARENGA, R.G. et al. **Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, p.175-185, 1995.
- ALVARENGA, R.C. et al. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVARES, C. A. et al. **Modeling monthly mean air temperature for Brazil**. Theoretical and Applied Climatology, v. 113, p.407-427, 2013.
- BAYER, C. **Dinâmica da material orgânico em sistemas de manejo de solos**. Tese Doutorado em Ciências do Solo. 240f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.
- CABREIRA, M. A.F. **Levantamento das classes de solos da área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos**. 2015, 50f. Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Florestal, Dois Vizinhos, Paraná, 2015.

- CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: ASPTA. 346p. 1993.
- CALEGARI, A. **Alternativas de culturas para rotação em plantio direto**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, n.80, p.62-70, 2004.
- CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado Adubação Verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 369p. 2006.
- CIESLIK, L.F. **Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntural Mensal Canola – Período março de 2016**. Brasília, 2016. 8p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_06_16_51_08_canola_-_conjuntura_mensal_-_marco_2016.pdf Acesso em: 25/06/2016.
- CONCEIÇÃO, P. C et. al. **Plantas de cobertura de verão e uso na safrinha da cultura do milho no sudoeste do Paraná**. Boletim Técnico, v. 2, n. 1, 40p, 2016.
- DAHLEM, A. R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINZNANN, F. X. **Manejo do solo com coberturas verdes de inverno**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 20:761-773, 1985.
- EGEWARTH, J. F. et. al. **Qualidade fisiológica de sementes de canola em função de diferentes fontes e parcelamento da fertilização**. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.4, n.2, p.213-223, 2016.
- EMATER/RS. **Informativo Conjuntural Nº 1.401**, Junho, 2016. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_09062016.pdf. Acessado em 01/07/2016.
- EMBRAPA. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/ FECOTRIGO/ FUNDAÇÃO ABC/ ALDEIA NORTE, 1993.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999.
- EMBRAPA. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

- FEBRAPDP. **Evolução do sistema plantio direto no Paraná.** Novembro, 2014. Disponível em: http://febrapdp.org.br/download/EVOLUCAO_DO_SPD_NO_PARANA_2014.pdf. Acessado em: 06/07/2016.
- FLOSS, E. **Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta.** Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v.57, p.25-29, 2000.
- GIACOMINI, S. J. et al. **Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo.** Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v.27, p.325-334, 2003.
- HEINZMANN, F. X. **Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.20, p.1021-1030, 1985.
- KAEFER, J. E. et al. **Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.49, n.4, p.273-280, abr. 2014.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M., **Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.36, p.21-28, 2006.
- LANDERS, J. N., **Histórico, característica e benefícios do plantio direto.** Brasília, DF: ABEAS; Brasília, DF: Universidade de Brasília /Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 113p. il. (ABEAS. Curso Plantio Direto. Módulo 1). 2005.
- LUCAS, F. T et. al. **Produtividade e qualidade de grãos de canola em função da adubação nitrogenada e sulfatada** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3205-3218, 2013
- MELLO, N. A. de; CONCEIÇÃO, P. C. **Evolução de sistema de manejo do solo e produtividade agropecuária no estado do Paraná.** 2008. IN: MARTIN, Thomas N.; ZIECH, Magno F. Sistemas de Produção Agropecuária, 336.p. 2008.
- NUNES, U.R. et. al. **Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.943-948, 2006.
- NUNES, A.S.; SOUZA, L.C.F.; MERCANTE, F.M. **Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto.** Bragantia, v.70, p.432-438, 2011.

- PELÁ, A. et. al. **Plantas de cobertura e adubação com NPK para milho em plantio direto**. Scientia Agraria, Curitiba, v.11, n.5, p.371-377, Sept./Oct. 2010.
- PERIN, A. et al. **Desempenho agrônômico do milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.31, n3, p.903-908, mai/jun., 2007.
- PIETERS, Adrian J. **Green manuring**. Principles and practices. New York: John Wiley, p.10-16, 1927. Apud NEGRINI, Ana C. A. Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2007. 113.f Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- QUEIROZ, L.R. et al. **Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto**. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.
- REIS, Gustavo dos et al. **Decomposição de culturas de cobertura no sistema de plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente**. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.27, n.1, p.194-200, 2007.
- ROLAS - Rede Oficial de Análise de Solo e de Tecido Vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.
- RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M. T. B. da (Coord.). **A soja em rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: Fundacep Fecotrigô, 1998. p.1-31.
- SANCHES, A. C. et al. **Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.7, p.688–693, 2014.
- SEAB/DERAL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural. **Produção Agropecuária**, 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>
Acessado em: 01/07/2016.
- SERRANA. **Boletim Técnico Fertilizantes: Dinâmica do Nitrogênio no Solo**. 6p., 2000. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/3188358/Dinamica-do-Nitrogenio-no-Solo>
Acessado em: 08/07/2016.

- SILVA, F. A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. **Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance.** In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.
- TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 32p. 2007.
- TOMM, G. O. et. al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul** (Embrapa Trigo. Documentos, 92). Passo Fundo: Embrapa Trigo. 41 p. 2009. Recuperado de http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm Acessado em : 01/12/2016.
- TORRES, J. L. R. et. al. **Decomposição e liberação de Nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa. V. 29, p.609-618, 2005.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.33, n.4 p.743-755, jul./ago.2009.
- VARGAS, T.O. et al. **Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos.** Horticultura Brasileira, v.29, p.562-568, 2011.
- VIOLA, R. et. al. **Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto.** Bragantia, Campinas, v. 72, n. 1, p.90-100, 2013.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.19, p.1467-1476, 1988.
- WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. **Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso.** Em: Oscar Fontão de Lima Filho, Edmilson José Ambrosano; Fabrício Rossi; José Aparecido Donizeti Carlos. (Org.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. 1ed.Brasilia. : EMBRAPA. 2014.v. 1, p. 59-163.