

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE AGRONOMIA

CARLOS THEODORO HEBERLE

**EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA EM SOLO SOB PLANTIO DIRETO  
COM PLANTAS DE COBERTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS  
2015

CARLOS THEODORO HEBERLE

**EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA EM SOLO SOB PLANTIO DIRETO  
COM PLANTAS DE COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição  
Co-orientadora: Ana Regina Dahlem Ziech

Dois Vizinhos  
2015

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e me guiando sempre pelo melhor caminho.

Aos meus pais, Ires HeepHeberle e João Carlos Heberle e minhas irmãs Simoni Heep e Claudia Mara Heberle pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao professor Dr. Paulo Cesar Conceição, pelo incentivo, correções e palavras de motivação quando necessárias.

A minha co-orientadora Ana Regina DahlemZiech, que sempre mostrou-se disponível para auxiliar da melhor forma possível.

A UTFPR, pela disponibilização da estrutura. Bem como professores por terem sido de fundamental importância em minha formação acadêmica. Aos técnicos e funcionários do campus Dois Vizinhos que prestaram auxílio em várias atividades.

A todos os amigos e colegas, que de uma forma ou de outra prestaram auxílio no desenvolvimento das atividades.

**MUITO OBRIGADO!**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Dois Vizinhos  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação do Curso de Agronomia



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA EM SOLO SOB PLANTIO DIRETO COM PLANTAS DE COBERTURA**

por

Carlos Theodoro Heberle

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 25 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato Carlos Theodoro Heberle foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Paulo Cesar Conceição  
Prof.(a) Orientador(a)

---

Laércio Ricardo Sartor  
Membro titular

---

Vitor C. Girardello  
Membro titular

---

Laércio Ricardo Sartor  
Coordenador do Curso  
UTFPR –Dois Vizinhos

---

Angélica Signor Mendes  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1. Gases de efeito estufa .....	10
2.2. Plantio direto .....	12
2.3. Plantas de cobertura.....	13
2.3.1.Crotalária Juncea( <i>Crotalaria juncea</i> L.) .....	13
2.3.2.Crotalária Spectabilis( <i>Crotalaria spectabilis</i> ).....	14
2.3.3.Guandu Anão( <i>Cajanus cajans</i> L.).....	14
2.3.4.Feijão de Porco ( <i>Canavalia ensiformes</i> ) .....	15
2.3.5.Lab lab( <i>Dolichos lablab</i> ).....	15
2.3.6.Mucuna Anã ( <i>Mucuna deeringiana</i> ) .....	15
2.3.7.Mucuna Preta ( <i>Mucuna aterrima</i> ) .....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Coleta de Gases .....	18
3.1.1.Coleta CO <sub>2</sub> .....	18
3.2. Decomposição da matéria seca .....	20
3.3. Avaliação de N mineral .....	20
4.RESULTADOS.....	22
4.1. Emissão de CO <sub>2</sub> .....	22
4.2. Produção de matéria seca .....	23
4.3. Relação C:N, carbono e nitrogênio na parte aérea da planta .....	24
4.4.Matéria seca remanescente e teor de N .....	25
4.5. Teores de N-Mineral Total, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> no solo .....	27
4.5.1. Teores de N-Mineral Total no solo .....	27
4.5.2. Teores de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> no solo .....	30
4.5.3. Teores de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> no solo.....	32
5.CONCLUSÃO .....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	35
7. ANEXOS .....	39

## RESUMO

Os principais gases do chamado efeito estufa são o dióxido de carbono(CO<sub>2</sub>), o metano e o óxido nitroso, aumentaram consideravelmente a partir da revolução industrial causando um desequilíbrio na atmosfera intensificando o efeito estufa, com influência no clima do planeta e causando o aquecimento global. O trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de leguminosas de verão como plantas de cobertura do solo sobre a emissão de dióxido de carbono. 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*) e Lablab (*Dolichos lablab*)] além de um sistema em pousio. Foram determinadas a produção de matéria seca, fixação de nitrogênio atmosférico e taxa de decomposição da biomassa das plantas de cobertura. Após o manejo das plantas de cobertura foi implantada a cultura da canola e então iniciada a avaliação dos gases. O CO<sub>2</sub> foi coletado em um período de 90 dias, com intervalos iniciais de três dias até os 21 dias do manejo das plantas de cobertura e posteriormente apenas uma vez por semana. Foram avaliadas a disponibilidade de N mineral no solo. As culturas com maior produção de matéria seca foram as que mais contribuíram para maior emissão de CO<sub>2</sub>. A Crotalária Juncea foi a cultura que apresentou maior produção de matéria seca. Teores de nitrogênio (N) no solo na forma amoniacal não apresentam diferenças entre os tratamentos utilizados. Teores de N mineral total e N na forma de nitrato apresentam diferença entre os sistemas até os 30 dias após o manejo das leguminosas.

**Palavras chaves:** Gases do Efeito Estufa; Plantas de Cobertura; Aquecimento Global.

## ABSTRACT

The main gases of the greenhouse effect are carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane and nitrous oxide have increased considerably since the industrial revolution causing an imbalance in the atmosphere intensify the greenhouse effect, influencing the planet's climate and causing heating global. The study aims to evaluate the effect of summer legumes as ground cover plants on carbon dioxide emissions. It was established seven ground cover systems[Feijão de Porco(*Canavaliaensiformes*) MucunaAnã (*Mucunadeeringiana*), MucunaPreta (*Mucunaaterrima*), GuanduAnão (*Cajanuscajan*), CrotaláriaJuncea (*Crotalaria juncea*), CrotaláriaSpectabilis (*Crotalaria spectabilis*) e Lablab (*Dolichos lablab*)] plus a system fallow. It was determined dry matter production, atmospheric nitrogen fixation and decomposition rate of the biomass of cover crops. After the management of cover crops culture of canola was planted and then started the evaluation of gas. The CO<sub>2</sub> was collected over a period of 90 days, with initial three-day intervals until 21 days the management of cover crops and then only once a week. They evaluated the availability of mineral N in the soil. Crops with higher dry matter production were those that most contributed to higher CO<sub>2</sub> emissions. The *Crotalaria juncea* was the culture with the highest production of dry matter. Nitrogen (N) in the ammonium form in the soil do not differ between treatments. Levels of total mineral N and N as nitrate present difference between the systems until 30 days after the management of legumes.

**Key words:** Greenhouse gases; cover crops; global warming

## 1. INTRODUÇÃO

A presença de gases na atmosfera, formando o efeito estufa natural foi fundamental para a existência de vida no planeta terra, permitindo uma temperatura média terrestre em torno de 15°C, caso contrário, a temperatura média seria 33°C inferior, o que inviabilizaria a vida humana (CERRI & CERRI, 2007).

Ao longo de milhões de anos, os níveis de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera permaneceram constantes. No entanto, em função das atividades antrópicas, principalmente a partir da revolução industrial, importante marco para a humanidade, e o início do uso de combustíveis fósseis, juntamente com aumento expressivo da população mundial, ocorreu a potencialização na emissão de CO<sub>2</sub> e os níveis desse gás que eram de 280 ppmv (partes por milhão de volume) no final do século XIX passaram para 380 ppmv no início do século XXI (SOLOMON, et al, 2007). Outro gás que teve expressivo aumento com a revolução industrial foi o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) que passou de 287 ppbv (porção partes por bilhão de volume) no final do século XIX e no início do século XXI chegou a 315 ppbv (KHALIL, et al 2002).

O acúmulo desses gases faz com que ocorra um aumento significativo do efeito estufa e conseqüentemente aconteça o aquecimento global (JANZEN, 2004). As emissões de N<sub>2</sub>O são consideradas muito pequenas comparadas as emissões de CO<sub>2</sub>, mas apresenta um significativo grau de contribuição no efeito estufa, pois seu grau de aquecimento é 296 vezes maior que o do CO<sub>2</sub>, sendo estes dois, os principais responsáveis pelo aumento do efeito estufa (HOUGHTON, 2001). As atividades agrícolas tem participação potencial nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera. Os fertilizantes nitrogenados amplamente utilizados nos cultivos de espécies comerciais são uma importante fonte de N<sub>2</sub>O. Pelo uso e manejo do solo modificamos a emissão de CO<sub>2</sub> associada a oxidação da matéria orgânica (MO), a decomposição dos restos vegetais além da respiração dos microrganismos presentes no sistema (RYAN & LAW, 2005). Uma importante estratégia para a redução da emissão de gases está relacionada ao uso de práticas conservacionistas de manejo do solo com o uso de técnicas que favoreçam a mitigação destes gases, com especial destaque para o uso do plantio direto.

Com o uso do sistema de plantio direto conseguimos armazenar o Carbono (C) e o Nitrogênio (N) na forma de MO do solo trazendo uma série de benefícios para o sistema. Para que isso ocorra é necessário que se realize a rotação de culturas, utilizando tanto espécies que protejam o solo com alta produção de matéria seca, e também espécies que forneçam N ao



sistema, retirando esse da atmosfera e disponibilizando as plantas através de um processo de simbiose com bactérias, como é o caso das leguminosas. Assim os elementos C e N ficariam presos a MO do solo e não seriam emitidos para a atmosfera na forma de gases.

Dessa forma o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de leguminosas de verão como plantas de cobertura do solo sobre a emissão de dióxido de carbono, determinar a produção de matéria seca das plantas de cobertura, avaliar os teores de C orgânico e N total na matéria seca, bem como a relação C/N, determinar a quantidade de N acumulado na matéria seca dos adubos verdes, acompanhar a decomposição do material vegetal, determinar os níveis de N mineral no solo e avaliar a produtividade da canola. O estudo assim articulou-se nas hipóteses que: Diferentes espécies de leguminosas podem ter comportamento distinto em termos de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. A área em pousio pode apresentar emissões de CO<sub>2</sub> similares a áreas com leguminosas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Gases de efeito estufa**

O efeito estufa é um fenômeno natural, pois quando a luz solar incide sobre a terra, os raios curtos atravessam toda a atmosfera e chegam a superfície terrestre, sem interferência dos GEE, posteriormente a energia radiante é refletida de volta para o espaço, agora na forma de raios longos (infravermelhos). Esses raios longos interagem com os GEE e com o vapor d'água existente na atmosfera sendo parte deles absorvidos o que ocasiona um aprisionamento de calor e o aumento da temperatura. Essa interação causa o “efeito estufa natural” permitindo a vida na terra, sem esse efeito estufa as temperaturas seria muito baixa inviabilizando a vida na terra(CERRI & CERRI, 2007). O vapor d'água existente na atmosfera é responsável por 80% do efeito estufa natural e os outros 20% são os diversos gases existentes na atmosfera, principalmente CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e metano (CH<sub>4</sub>)(VIEIRA et al., 2010).

Uma importante fonte de CO<sub>2</sub> para a atmosfera é a queima de combustíveis fósseis. Desde o início do século XIX a população humana tem utilizado produtos fósseis como fonte de energia, começando com o carvão, passando depois ao petróleo e o gás natural (VIEIRA et al., 2010). Esse carbono proveniente de combustíveis fósseis que ficou armazenado na litosfera durante milhões de anos, agora em um curto período de tempo está sendo devolvido para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>.

As florestas permaneceram por muitos anos em equilíbrio com a fixação e emissão de carbono. No mesmo passo que elas estão contribuindo com GEE através da decomposição do material orgânico, elas também estão fixando C no processo de fotossíntese que as plantas fazem para seu crescimento, principalmente quando são consideradas clímax. No momento em que as florestas são derrubadas elas passam a ser apenas fonte de GEE, pois agora não há mais retirada de C da atmosfera para seu crescimento e as reservas dos elementos existente nas plantas podem ser liberados para a atmosfera na forma de gases.

Com a revolução industrial e a intensificação das atividades agrícolas todo o C e N que estava armazenado em florestas, transformado em gás natural, carvão mineral ou petróleo está sendo agora liberado na forma de gás CO<sub>2</sub> e o N<sub>2</sub>O. Além desses fatores, o uso inadequado do solo, o qual possui C orgânico armazenado na forma de MO, em quantidades três vezes maior do que armazenado na biomassa vegetal e cerca de duas vezes o encontrado na atmosfera (LAL, 2002). Esse C armazenado é muito sensível ao manejo utilizado e a adoção de práticas não conservacionista de manejo do solo pode fazer com que o material orgânico do solo entre em decomposição liberando GEE, principalmente o CO<sub>2</sub> e o N<sub>2</sub>O

(CERRI, et al; 2007). Esse aumento na concentração de GEE na atmosfera causa o aquecimento global que tem como consequência mudanças climáticas, tais como má distribuição das chuvas, aumento ou diminuição da temperatura, elevação do nível dos mares (CERRI & CERRI, 2007), entre outros.

Estima-se que das emissões totais, a agricultura seja responsável por 20% da emissão antrópica de GEE, num cenário agrícola que pode ser considerado como fonte ou também como dreno de GEE, dependendo do manejo adotado (JOHNSON, et al., 2005). A agricultura é o principal responsável pelas emissões de  $N_2O$  sendo que no mundo as emissões desse gás vindas da agricultura cheguem a 80% e no Brasil esse número ultrapasse 94% (CERRI & CERRI, 2007).

Os estoques de C no solo podem aumentar quando utilizadas práticas conservacionistas de manejo do solo. Uma dessas práticas é o plantio direto, que quando manejado na forma correta faz com que os níveis de MO aumentem com o passar dos anos (SIQUEIRA NETO, 2009b). Com a elevação da MO também ocorre um aumento da atividade microbiana no solo, e com isso aumenta a emissão de  $CO_2$  do solo. Em um estudo comparando duas áreas, uma com 12 anos de plantio direto e outra com 22 anos de plantio direto, as emissões de  $CO_2$  foram maiores na área com maior tempo de sistema implantado (SIQUEIRA NETO, 2009a).

Com uso de leguminosas como planta de cobertura de solo se tem a vantagem da fixação biológica de nitrogênio ao sistema, no entanto são caracterizadas pela baixa relação C/N, e quanto menor for essa relação, mais acelerada será a emissão de  $CO_2$ , principalmente nos primeiros dias após o manejo das plantas de cobertura, isso por que, logo após o manejo, ocorre um ataque microbiano aos compostos mais facilmente decomponíveis (SANTOS, et al., 2009). Estudando as emissões de  $N_2O$  em sistemas de culturas incluindo plantas de cobertura, Gomes (2006) constatou que a utilização de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N mediante ureia proporcionou emissões desse gás sete vezes superiores ao observado após o manejo da ervilhaca. Constatando que o uso de leguminosas pode ser uma alternativa na redução na emissão de  $N_2O$ .

A taxa de decomposição dos resíduos do solo está ligada ao tempo em que o solo ficará protegido da ação das chuvas, mas também quanto mais lenta for a decomposição mais irá demorar para que os nutrientes presentes em sua matéria seca sejam disponibilizados para cultura subsequente. A velocidade da decomposição depende, entre outros fatores, da relação C:N deste material, quanto menor for essa relação, mais acelerada será a decomposição (DAHLEM et al., 2014). Outro fator que influencia na decomposição dos resíduos do solo são

as condições climáticas. Em trabalho realizado utilizando espécies da Caatinga paraibana os autores verificaram que a taxa de decomposição foi mais elevada a partir dos 90 dias após o manejo. Isso foi justificado pelo fato que a umidade do solo aumentou, devido a precipitações pluviométricas desse período (ALVES et al., 2006).

## **2.2. Plantio direto**

Uma das tecnologias para conservação do solo, que tem sido utilizada nas áreas para produção de grãos na atualidade é o plantio direto (PD). Essa técnica consiste em manter cobertura vegetal, viva ou morta em superfície do solo, realizar o mínimo revolvimento do solo e ainda promover a rotação de culturas (DAHLEM et al., 2014). Essas três técnicas associadas promovem o aumento dos níveis de MO no solo com o decorrer dos anos (SIQUEIRA NETO et al., 2009b).

De forma empírica o homem já usava o plantio direto há 10 mil anos atrás, onde se queimava a palha e com o auxílio de um pedaço de madeira pontiagudo perfurava o solo e depositava a semente (LANDERS, 2005). Na década de 1950 foi desenvolvida pela Imperial Chemical Industries na Inglaterra a molécula de Paraquat, que seria uma importante ferramenta, juntamente com o aperfeiçoamento da mecanização para adequada aplicação do sistema do plantio direto. No entanto, foi nos Estados Unidos que o PD foi mais estudado e se desenvolveu com maior rapidez. Na década de 60 vários agricultores iniciaram testes com o plantio direto e no ano de 1972 já eram 430 000 hectares plantados. Os problemas que surgiram com esse sistema na região norte americana foram as dificuldades com controle de plantas daninhas, adaptação de plantadeiras e lento aquecimento do solo na primavera (LANDERS, 2005).

Antes do desenvolvimento do sistema PD no Brasil, que tem apenas 42 anos, os agricultores aravam a terra para fazer a semeadura. Em 1973 o pesquisador e grande pioneiro mundial do plantio direto Shirley Phillips, da Universidade de Kentucky, EUA, juntamente com seu parceiro e agricultor listaram 14 razões para que a aração do solo fosse realizada (LANDERS, 2005), esses motivos não valeriam mais com a adoção do plantio direto ou apenas poderiam ser aplicados em situações de clima temperado que não é o caso do Brasil.

Um dos pioneiros do sistema PD no Brasil foi o agricultor Herbert Bartz de Rolândia no Oeste paranaense, o primeiro a adotar o sistema em escala comercial. Em 1971, depois de um a chuva de 90 mm levou-o a se deparar com grandes estragos em sua lavoura, causados pela erosão, com isso percebeu a necessidade de mudar a forma de cultivo, passando a adotar o sistema PD em sua propriedade (CASÃO JUNIOR, et al., 2012).

Pesquisas foram realizadas e problemas encontrados, no entanto, muito mais vantagens foram percebidas quando manejada de forma correta, e com isso o sistema persiste até os dias atuais, atingindo no ano de 2012, um total de 31,5 milhões de hectares estabelecidos em sistema de plantio direto no Brasil (FEBRADPD, 2014).

### 2.3. Plantas de cobertura

As plantas de cobertura do solo já eram utilizadas antes do nascimento de Cristo. Os primeiros povos a utilizar foram os chineses com intuito de realizar a adubação do solo.

O conceito sobre planta de cobertura de solo foi fortemente difundido com a implantação do sistema de PD que visa a manutenção de cobertura vegetal sobre o solo, rotação de culturas além do mínimo revolvimento do solo. O uso destas auxilia no processo de proteção do solo evitando perdas pela erosão hídrica, incrementa a MO do solo, aumenta a disponibilidade de nutrientes, melhora a agregação do solo (PORTTELA et al., 2010) e também ajudam reduzir a população de plantas invasoras (MARCOLINI, 2009).

Na seleção de uma boa planta de cobertura busca-se uma elevada produção de matéria seca, elevada taxa de cobertura do solo, capacidade de reciclagem de nutrientes além de capacidade de simbiose com microrganismos (CHAVES & CALEGARI, 2001).

Quando utilizadas espécies de leguminosas como planta de cobertura do solo, pode-se aumentar a disponibilidade de N no sistema por estas terem a capacidade de simbiose com bactérias que capturam o  $N_2$  atmosférico transformando-o em  $NH_3$ . Vários trabalhos demonstraram o potencial de leguminosas como fonte de N (PERIN, et al., 2007; NUNES, et al., 2009; DAHLEM, 2013; CIESLIK, 2014). Com isso é possível obter produtividade de grãos de milho semelhante a tratamentos que utilizam  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N mineral usando apenas leguminosas de inverno como plantas de cobertura de solo antecedendo a cultura comercial, sem adição de N mineral (DAHLEM, 2013).

Existe uma grande variedade de leguminosas que possuem potencial de fixação de N e podem ser inseridos em rotação de culturas com culturas comerciais, no entanto existe a necessidade de maiores estudos com relação a emissão de gases em função do uso de algumas espécies estivais (verão) no sistema plantio direto, dentre elas:

#### 2.3.1. Crotalária Juncea (*Crotalaria juncea* L.)

As crotalárias recebem esse nome devido ao som produzido por seu fruto já maduro, que é uma vagem e produz um som de chocalho semelhante ao som de um guiso da cobra cascavel (*Crotalus*) (BEVILAQUA, 2008).

A *Crotalaria Juncea* tem seu centro de origem na Índia e adapta-se bem a regiões tropicais, no Brasil foi introduzida no final do século XX para ser utilizada como recuperadora do solo. É uma planta precoce de alta produtividade de massa seca além de ser uma planta fixadora de N (FORMENTINI et al., 2008). Desenvolve-se bem também em clima subtropical, seu hábito de crescimento é ereto atingindo alturas que variam de 2 a 3 metros de altura, possui um bom vigor inicial o que lhe confere vantagens na competição com plantas daninhas além de possuir efeito alopático sobre elas (QUEIROZ et al., 2010).

Quando semeada no município de Dois Vizinhos – PR, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas e densidade de 25 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, produziu 2,9 e 4,7 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca nos anos de 2012 e 2013 respectivamente (CIESLIK, 2014), podendo fixar até 300 kg ha<sup>-1</sup> de N (FORMENTINI et al., 2008).

### **2.3.2. *Crotalaria Spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*)**

Planta originária da Ásia central possui hábito de crescimento arbustivo ereto podendo atingir até 1,5 metros de altura (CALEGARI, 1993). Seu cultivo no município de Dois Vizinhos – PR no ano de 2012 e 2013 utilizando um espaçamento de 0,5 m entre linha e densidade de 12 kg ha<sup>-1</sup> obteve-se produção de 1,6 a 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> (CIESLIK, 2014), essa espécie pode fixar em média de 60 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (FORMENTINI et al., 2008).

Apresenta tolerância a geadas fracas e boa rusticidade, adaptando-se a terrenos de baixa fertilidade, com baixos níveis de nutrientes e matéria orgânica baixa, tem sido utilizada para revegetação de áreas por ter essas características (ARAÚJO et al., 2005).

Possui toxicidade para animais principalmente porcos (CALEGARI, 1993). Além de planta de cobertura de solo essa espécie apresenta a vantagem de controle do nematoide de galha no solo (FORMENTINI et al., 2008)

### **2.3.3. *Guandu Anão* (*Cajanus cajan* L.)**

Foi introduzido no Brasil pela rota dos escravos africanos e se naturalizou nas regiões tropicais da América do Sul, onde foi largamente difundida tendo importância na alimentação humana, alimentação animal e como planta de cobertura do solo (MORTON et al., 1982). É encontrado em todo o Brasil central, podendo ser observada em quintais de casas da maioria das cidades dessa região. Sua popularidade deve-se aos seus grãos verdes, que podem ser consumidos, da mesma forma que as ervilhas são consumidas e o seu grão seco pode ser consumido como feijão pelos humanos (SEIFFERT & THIAGO, 1983)

O guandu é uma das mais importantes leguminosas, mesmo sendo cultivado em solo com fertilidade baixa ele ainda consegue produzir sementes com alta taxa de proteína

(MORTON et al., 1982). Desenvolve-se bem em terrenos bem drenados e também em solos compactados (CALEGARI et al., 1993).

Ao estudar essa espécie Cieslik (2014) com espaçamento de 0,5 metros entre linhas e densidade de 50 kg ha<sup>-1</sup>, encontrou produção de 1,7 a 2,2 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### **2.3.4. Feijão de Porco (*Canavalia ensiformes*)**

Planta originária da América central possui hábito de crescimento arbustivo podendo chegar a um metro de altura. É resistente a altas temperaturas, suporta o sombreamento parcial e é sensível a geadas (CALEGARI, et al., 1993).

Promove uma boa cobertura do solo, desenvolve-se bem em solos compactados e argilosos. Possui efeito alelopático sobre plantas invasoras, controlando a tiririca (*Cyperus* spp) e a grama ceda (*Cynodactylon* L.) de forma eficiente. (CALEGARI, et al., 1993).

Possui ciclo anual ou bianual. Quando cultivado com densidade de 100 kg ha<sup>-1</sup> com espaçamento de 0,5 metros entre linha produziu 5,6 e 8,4 Mg ha<sup>-1</sup> nos anos de 2012 e 2013 respectivamente (CIESLIK, 2014). Essa espécie consegue fixar de 100 a 180 kg ha<sup>-1</sup> de N (BEVILAQUA et al., 2008).

#### **2.3.5. Lab lab (*Dolichos lablab*)**

Adapta-se melhor a solos bem drenados e férteis, se desenvolve tanto em terrenos argilosos quanto arenosos. Tem a desvantagem de ser suscetível ao ataque da vaquinha (*diabrotica speciosa*), e ainda ser multiplicadora do nematóide da galha (SILVA; DONADIO; DONIZETI, 1999).

Cultivada com densidade de 50 kg ha<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,5 metros entre linhas a cultura produziu entre 4,6 e 5 Mg ha<sup>-1</sup> (CIESLIK, 2014). O lablab consegue fixar até 220 kg ha<sup>-1</sup> de N e pode produzir 500 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (BEVILAQUA et al., 2008)

#### **2.3.6. Mucuna Anã (*Mucunadeeringiana*)**

Planta originária do continente africano, desenvolve-se bem em climas tropicais e subtropicais, mostra-se resistente a seca. Seu hábito de crescimento é herbáceo determinado, diferindo-se das demais mucunas que possuem hábito de crescimento trepador ou rasteiro. É pouco exigente em fertilidade do solo e forma uma boa camada de cobertura do solo (FORMENTINI et al., 2008).

No município de Dois Vizinhos – PR foi desenvolvido um trabalho utilizando a mucuna anã, nesse trabalho ela foi semeada com densidade de 80 kg ha<sup>-1</sup> com espaçamento de 0,5 metros entre linha nos anos de 2012 e 2013. Sua produção foi de 1,9 Mg ha<sup>-1</sup> no ano de

2012 e 2,6 Mg ha<sup>-1</sup> no ano de 2013 (CIESLIK, 2014). Essa espécie tem o potencial de fixar em torno de 50 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (FORMENTINI et al., 2008).

### **2.3.7. Mucuna Preta (*Mucuna aterrima*)**

Planta originária da China, a mucuna preta é ser considerada a ‘rainha’ das forrageiras devido a sua variada utilização, principalmente em países africanos, que utilizam a mucuna preta inclusive na alimentação humana. Essa espécie é muito vigorosa, possui hábito de crescimento rasteiro ou trepador, e não ultrapassa os 90 cm de altura quando não possui suporte para apoiar-se. Possui ciclo anual ou bianual, em trabalho realizado por Cieslik (2014) nos anos de 2013 e 2014 a espécie produziu 1,3 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca no primeiro ano e 3,7 Mg ha<sup>-1</sup> no segundo ano. Mas a espécie tem potencial de produzir até 8 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca e fixar em média 200 kg de N ha<sup>-1</sup> (FORMENTINI et al., 2008).

É uma espécie muito rústica, adaptando-se a condições de falta com deficiência de água e a altas temperaturas. Pode ser utilizada no controle de nematoides de formadores de galha no solo. Apresenta boa resistência ao encharcamento temporário do solo e possui bom desenvolvimento em solos ácidos e de baixa fertilidade (CALEGARI et al; 1993)

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos, situada a 25° 42' 52" de latitude S e longitude de 53° 03' 94" W-GR, a 530 metros acima do nível do mar. O solo local é do tipo Nitossolo Vermelho (BHERING & SANTOS, 2008). 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). Os dados climáticos de precipitação pluvial e temperatura média do ar, referente ao período experimental (Figura 1), foram obtidos na unidade da estação meteorológica do INMET, instalada na Estação Experimental da UTFPR, Campus Dois Vizinhos.



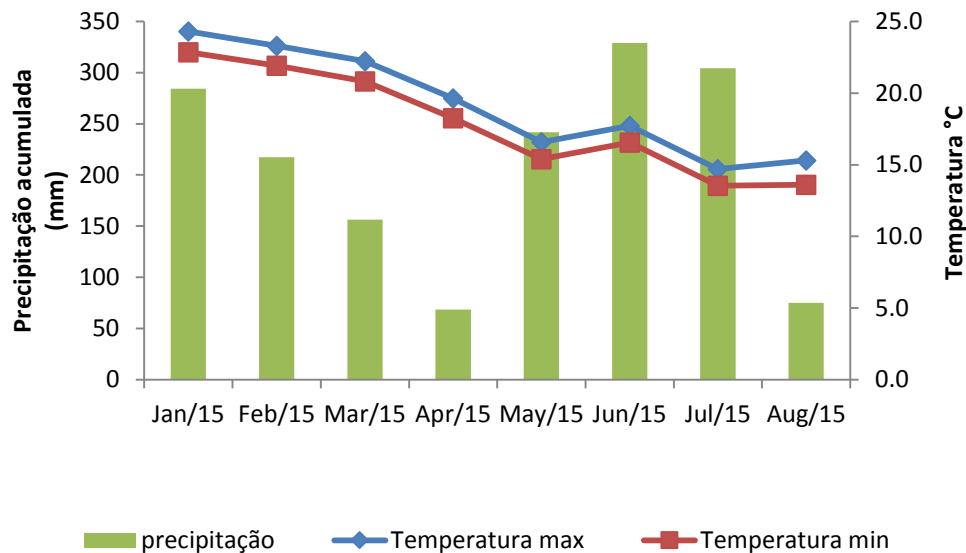


FIGURA 1-Médias mensais de temperatura máxima e mínima diária do ar e precipitação pluvial, durante o período de avaliação do experimento. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

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 terá 25m<sup>2</sup> foram estabelecidos oito sistemas de cobertura do solo feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), mucuna anã (*Mucunadeeringiana*), 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 de 2015, 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 <sup>-1</sup>
CrotaláriaJuncea	<i>Crotalariajuncea</i>	25
CrotaláriaSpectabilis	<i>Crotalariaspectabilis</i>	12
Feijão de Porco	<i>Canavalia ensiformes</i>	100
Guandú Anão	<i>Cajanuscajan L.</i>	30
Lablab	<i>Dolichoslablab</i>	50
Mucuna Anã	<i>Mucunadeeringiana</i>	80
Mucuna Preta	<i>Mucunaaterrima</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). Para retirada de MS foi utilizado um quadro metálico de 0,25 m<sup>2</sup>, 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 calculado 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 as plantas foram manejadas mediante aplicação de herbicida (*Glifosato* 1,2 L ha<sup>-1</sup> de i.a). Em sequência, foi estabelecida a cultura da canola, em plantio direto, semeada com espaçamento de 17 cm entre linhas e 40 plantas m<sup>2</sup> o que ocorreu no dia 04 de maio de 2015.

### 3.1. Coleta de Gases

As amostragens dos gases foram realizadas no período de 90 dias, entre os meses de maio e agosto de 2015, período este de desenvolvimento da cultura da canola. Um dia após o plantio da cultura da canola se iniciaram as avaliações de CO<sub>2</sub>.

#### 3.1.1. Coleta CO<sub>2</sub>

As avaliações de CO<sub>2</sub> foram realizadas inicialmente a cada três dias até completarem os 21 primeiros dias após o manejo das plantas de cobertura, posteriormente foram coletadas amostras uma vez por semana até os 90 dias totalizando 15 coletas. Para determinação de CO<sub>2</sub> foram utilizados dispositivos compostos por uma base de alumínio (Figura 2) e uma câmara estática que serviu como tampa (Figura 3). Para isso, logo após o manejo das plantas de cobertura foram instaladas no local da avaliação bases metálicas inseridas a 5 cm de profundidade sobre os restos culturais das plantas de cobertura, deixando exposta a calha para encaixe da câmara. Estas por sua vez, ficaram na entre linha da cultura da canola até o final

das coletas. Na base foi encaixada a tampa de decloro de polivinila (PVC). No centro dessa base foi colocado uma armação de arame que serviu de suporte para o recipiente plástico onde foi colocada 200 ml de solução alcalina  $\text{NaOH} 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , utilizada para captar o  $\text{CO}_2$  volatilizado. Após a instalação das bases iniciou a captura de  $\text{CO}_2$  evoluído. Foi fechada a base com a tampa de PVC e permaneceu por 24 horas a campo. Passado esse período, foi então coletado o  $\text{NaOH}$  e titulado com  $\text{HCl} 0,5 \text{ mol L}^{-1}$  em presença de  $\text{BaCl}_2 50\%$  concentrado (STOTZKY, 1956). Em cada bloco, próximo das bases de captura de gases foi instalada uma câmara com o fundo vedado, ou seja, sem contato de seu interior com o solo (prova em branco) com a finalidade de determinar a quantidade de  $\text{CO}_2$  presente na atmosfera interna das câmaras. Esses valores das provas em branco foram utilizados no cálculo para descontar em cada um dos demais tratamentos em cada avaliação.



FIGURA2: Base utilizada para avaliação de  $\text{CO}_2$



FIGURA3: Tampa utilizada para avaliação de  $\text{CO}_2$

### 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 m<sup>2</sup> (Figura 4). 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 cinco 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 o início da amostragem de gases. Após cada coleta as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, em seguida o material foi pesado em balança semi-analítica.



FIGURA4: Bolsas de decomposição

### 3.3. Avaliação de N mineral

Na oportunidade de cada retirada dos sacos de decomposição foram monitorados também teores de N mineral ( $\text{N-NH}^{+4}$  e  $\text{NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$ ), e umidade do solo. Os teores de N mineral foram obtidos da seguinte maneira: no dia da retirada dos sacos de decomposição foi coletado solo abaixo do local onde estava o saco de decomposição a 5 cm de profundidade. Essas amostras foram armazenadas em sacos plásticos e levadas imediatamente ao freezer, mantendo a amostra congelada visando a paralisação dos processos de mineralização e

nitrificação, desempenhado pelos microrganismos do solo. Para as análises as amostras foram retiradas do freezer para descongelamento em temperatura ambiente. Foi retirado uma subamostra para determinação de N mineral pelo método de Kjeldahl de extração por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e destilação por araste de vapores após a adição de MgO e liga de devarda conforme descrito por Tedesco et al.(1995) com alterações propostas pela Embrapa (2009).Para determinação de umidade foi pesado 50 g de solo e colocado secar em estufa a 105°C até as amostra atingirem um peso constante e por diferença de peso determinando o teor de umidade.

#### 4.RESULTADOS

Os dados de correlação indicam resultados positivos para carbono versus nitrogênio e CO<sub>2</sub> x Matéria Seca(Tabela 2). Assim, assume-se quanto mais matéria seca maior a evolução de CO<sub>2</sub> para atmosfera.

TABELA 2: Correlação dos teores de Carbono e Nitrogênio no tecido, quantidade de Matéria Seca e CO<sub>2</sub> emitido.

	Carbono	CO <sub>2</sub>	Matéria Seca
CO <sub>2</sub>	-0.4216*		
Matéria Seca	-0.1305	0.8665**	
Nitrogênio	0.8203**	-0.5546**	-0.3196

Correlação de Pearson significativa de \*\*1% e \*5%.

#### 4.1. Emissão de CO<sub>2</sub>

As emissões do gás no tratamento pousio foram menores que os demais,o mesmo foi mantido apenas com a presença de plantas espontâneas, consequentemente com menos matéria seca do que os demais (Tabela 3), apresentou menos C para perder na forma de CO<sub>2</sub>(Figura 5). Em um curto período de avaliação, a área em que nenhuma planta de cobertura foi cultivada foi a que menos emitiu CO<sub>2</sub>, mas é sabido que áreas cultivadas com grande aporte de palha aumentam os teores de C no solo,então em um período de tempo maior esse solo terá capacidade de armazenar mais C tendo então um saldo negativo de emissão para a atmosfera (AMADO et al., 2001).

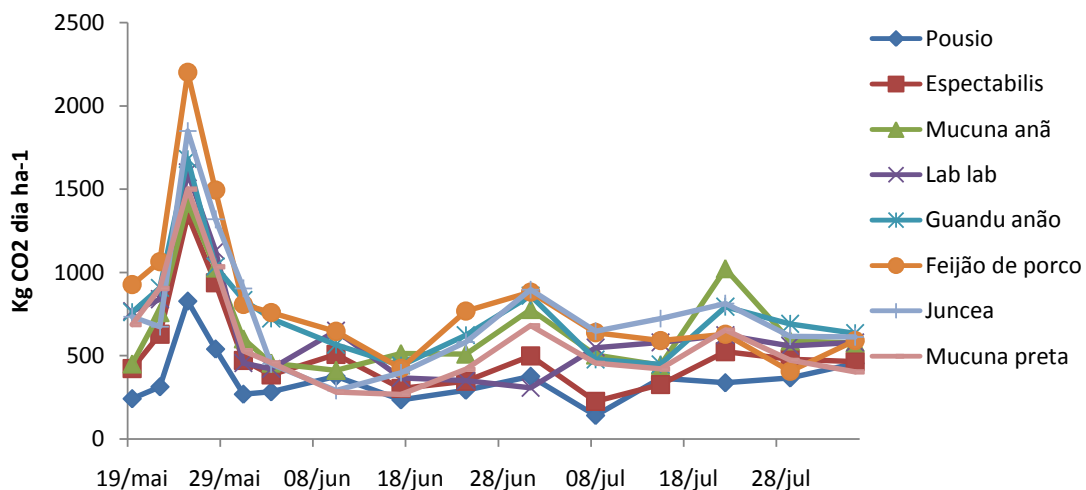


FIGURA5: Emissão de dióxido de carbono para a atmosfera pelos sistemas de cobertura do solo. UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos, 2015.

Ocorreram diferenças significativas entre as plantas de cobertura utilizadas sendo que o feijão de porco foi um dos que mais emitiu CO<sub>2</sub>(anexo 1 e 2) e também um dos que mais produziram matéria seca(Tabela 3). O teste do coeficiente de correlação de Pearson mostra que a volatilização do CO<sub>2</sub> está principalmente associada a quantidade de matéria seca presente na área de avaliação. Quanto maior for a quantidade de matéria seca, mais alta será a volatilização do gás o que está coerente com a disponibilidade de material vegetal para a atividade da microbiota do solo.As emissões de CO<sub>2</sub> podem variar conforme o período do ano e taxa de cobertura desse solo. O solo descoberto tende a aquecer mais e assim existe um aumento da atividade dos microrganismos do solo,tendo, a emissão de dióxido de carbono uma correlação positiva com a temperatura do solo(COSTA et al., 2008).

#### **4.2. Produção de matéria seca**

A crotaláriajuncea e o feijão de porco foram as espécies que se destacaram na produção de matéria seca(Tabela 3).A crotalariajuncea produziu cerca de 2500 kg a mais que a parcela onde se encontrava a planta de cobertura que teve o pior rendimento, que foi a crotaláriaspectabilis. O potencial dessas espécies, assim como as demais é maior, o feijão de porco e crotalariajuncea chegando a 8400 e 4700 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, em anos anteriores na mesma região do experimento (CIESLIK, 2014).Essa menor produção pode ser explicada pelo tempo que o material permaneceu no campo, sendo que este ainda não havia completado seu ciclo e tinha potencial para se desenvolver mais. O Lablab e o Guandu Anão não diferiram das espécies com maior produção e nem da espécie com pior produção (crotaláriaspectabilis), o que pode ser explicado pelo alto valor do CV encontrado na produção de matéria seca (Tabela 3). 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, regime hídrico de cada região. Nunes et al.(2006) encontraram produções de 4013 Kg ha<sup>-1</sup> para o guandu e de 2733 Kg ha<sup>-1</sup> para a crotaláriajuncea no município de Diamantina MG. Torres et al, (2005) encontraram produções de matéria seca de 2700 Kg ha<sup>-1</sup> para o Guandu e 3700 Kg ha<sup>-1</sup> para a crotaláriajuncea no município de Uberaba MG.



TABELA 3: Produção de matéria seca das plantas de cobertura no ano de 2015. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

Nome comum	Produção Kg ha <sup>-1</sup>
CrotaláriaJuncea	3345,0 a
CrotalariaSpectabilis	725,0 cd
Feijão de Porco	3245,0 ab
Guandú Anão	2000,0 abc
Lablab	1840,0 abcd
Mucuna Anã	1352,5 cd
Mucuna Preta	1720,0 bcd
Pousio*	385,0 d
CV%	46.15

Onde: Médias seguidas de letras diferentes 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

A relação C:N do material 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 variou entre 7,6 e 13:1, acrotalariaspectabilis, que teve uma relação C:N menor diferindo-se da crotalariajuncea, possivelmente devido aos altos teores de N encontrados nesse material(Tabela 4). Cieslik, (2014) em trabalho com as mesmas leguminosas do presente trabalho, encontrou relações entre 10 e 20:1. Uma das razões da menor relação C:N neste estudo se deve a avaliação ter sido feito quando as culturas ainda não estavam na floração.



TABELA 4: Teor de carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), e relação carbono:nitrogênio (C:N) das plantas de cobertura, Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

PLANTAS DE COBERTURA	C	N g Kg <sup>-1</sup>	C:N
CrotaláriaJuncea	383,5 ns	27,8 ab	13,8 a
CrotalariaSpectabilis	311	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	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 e ns Não significativo ao nível de 5% no teste de Tukey

#### 4.4. Matéria seca remanescente e teor de N

A taxa de decomposição, no caso 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, isso pode ter influenciado na rápida decomposição do material (Tabela 5). Nos 15 primeiros dias de avaliação os materiais já haviam perdido 30% de seu material pela decomposição. A crotaláriajuncea, mesmo sendo a espécie que menos perdeu matéria por decomposição, já havia decomposto 23% de seu material nos 15 dias iniciais da avaliação e a crotalariaspectabilisfoi a que maior obteve redução da matéria seca, sendo que essa espécie perdeu 42% nas duas primeiras semanas dessa avaliação (Figura 6). Outro fator que pode explicar a rápida decomposição dos materiais é a umidade do solo, sendo que no período de avaliação não ocorreram grandes períodos de seca, que pudessem interferir na decomposição do material.

Ao final dos 90 dias de avaliação o lablab juntamente com a crotalariaspectabilisforam os materiais que mais perderam massa seca por decomposição, sendo que o material remanescente equivalia a 39% do total. Já a mucuna anã, ao final dos 90 dias de avaliação, dos materiais utilizados foi o que menos perdeu material por decomposição, sendo que essa espécie ainda tinha 63,3% do total.

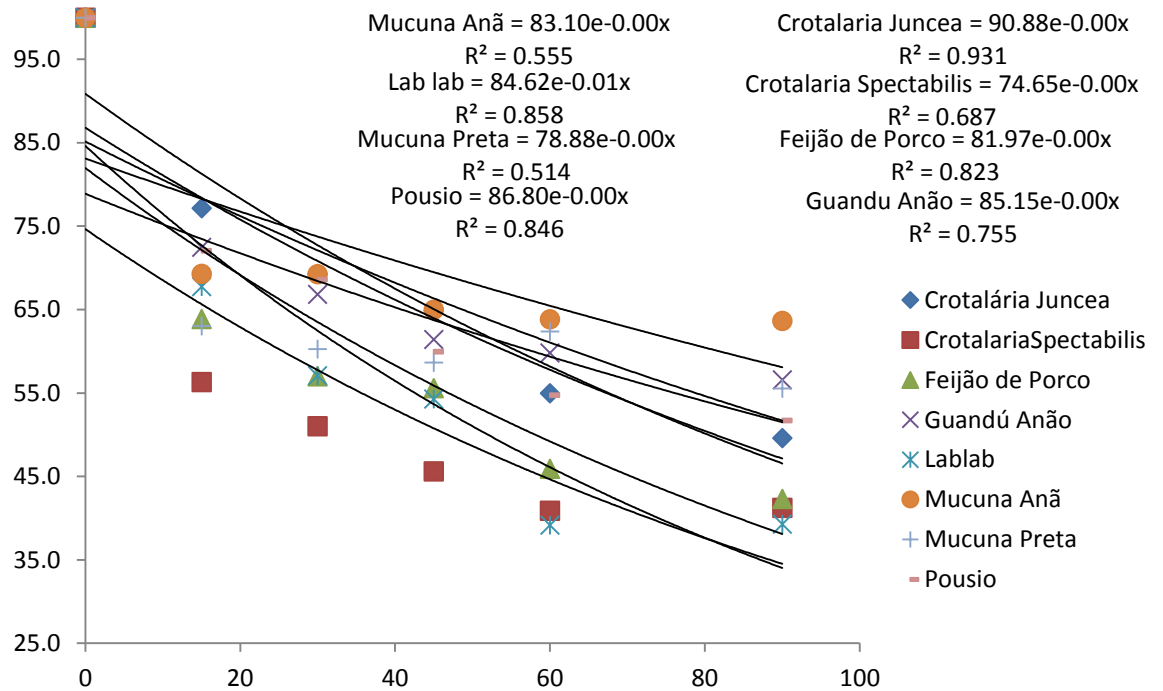


Figura 6: Taxa de decomposição das plantas de cobertura do solo. UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos, 2015.

Houveram diferenças significativas para o N total acumulado na matéria seca (anexo 3). Com exceção da parcela do pousio, todas as outras espécies se tratam de leguminosas e não diferiram entre si nos teores de N (Tabela 4), então as diferenças nos resultados de N total acumulado se devem a diferenças na produção de matéria seca (Tabela 3).

Como pode ser observado na tabela 5, o feijão de porco e a crotalária juncea foram os tratamentos que mais contribuíram na quantidade de nitrogênio adicionada 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 4), mas em compensação essa espécie foi uma das que menos produziu matéria seca (Tabela 3), com isso sua contribuição de N para o sistema foi baixa.

TABELA 5: Nitrogênio armazenado na matéria seca das plantas de cobertura ano de 2015. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

PLANTAS DE COBERTURA	DIAS APÓS O MANEJO					
	0	15	30	45	60	90
	NKg ha <sup>-1</sup>					
CrotaláriaJuncea	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 ens não significativo ao nível de 5% no teste de Tukey

#### 4.5. Teores de N-Mineral Total, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo

##### 4.5.1. Teores de N-Mineral Total no solo

Nas três primeiras coletas de solo realizadas, foi possível observar diferenças significativas nos teores de Ntotal no solo. Na primeira coleta que foi o tempo zero do experimento a mucuna anã foi a que apresentou os maiores valores dessa variável, apresentando 12,13 mg de nitrogênio por Kg de solo que o tratamento pousio, que foi o que teve os menores teores desse elemento.

Na segunda avaliação que foi realizada 15 dias após o manejo das plantas de cobertura, o melhor tratamento foi o que utilizou o guandu anão como cobertura do solo, esse apresentou teores de nitrogênio total 32% maiores que o tratamento pousio que apresentou os menores teores. No terceiro tempo de avaliação o melhor tratamento foi a crotaláriajuncea que apresentou teores de N 70% maiores que na parcela com menores resultados que foi o pousio. Após a quarta coleta, os teores de Nitrogênio total não apresentaram mais diferença significativa em seus teores (Tabela 6).

O teor de N mineral total consiste na soma do teor de N na forma amoniacal e o teor de N na forma nítrica. Como mostra a tabela 6 os maiores valores são encontrados na segunda e na terceira coleta. Na primeira coleta o N ainda estava armazenado na matéria seca das plantas de cobertura, passados 15 dias da primeira coleta, o processo de decomposição das plantas de cobertura já havia se iniciado, com isso ocorreu a liberação do N presente na MSdos materiais. Nas coletas posteriores ocorreu uma redução no teor de N mineral no solo, o que mostra que o N presente já teria sido assimilado pelas plantas presentes na área, perdido

por volatilização ou lixiviação. O teor de N mineral total também varia conforme a época em que é realizada a coleta do solo para a análise, sendo um dos responsáveis por esta flutuação as condições meteorológicas (GROHS, et al., 2009).

TABELA 6: Teor de N-mineral total no solo nos diferentes sistemas de cobertura do solo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos - PR, 2015

PLANTAS DE COBERTURA	DIAS APÓS O MANEJO						cv%
	0	15	30	45	60	90	
	mg de N-mineral total kg <sup>-1</sup> de Solo						
CrotalariaJuncea	35,02 C ab	51,18 B ab	66,34 A a	41,26 BC ns	37,78 BC ns	36,62 C ns	17,36
CrotalariaSpectabilis	38,4 BC ab	47,51 A ab	46,06 AB bc	37,4 C ns	36,57 C ns	35,52 C ns	10,99
Feijão de Porco	39,48 B ab	48,35 AB ab	60,28 A ab	39,71 B ns	40,63 B ns	39,9 B ns	20,66
Guandú Anão	40,61 B ab	55,47 A a	54,7 A abc	34,2 B ns	32,85 B ns	40,59 B ns	17,04
Lablab	35,92 B ab	50,07 A ab	43,58 AB bc	39,59 AB ns	37,06 B ns	34,86 B ns	17,01
Mucuna Anã	43,55 A a	48,47 A ab	46,85 A bc	38,32 A ns	37,34 A ns	36,62 A ns	19,02
Mucuna Preta	37,98 BC ab	53,08 AB ab	57,68 A ab	34,35 C ns	37,62 BC ns	39,46 BC ns	20,43
Pousio	31,42 A b	41,79 A b	38,87 A c	33,12 A ns	32,58 A ns	38,12 A ns	18,57
CV%	15,31	13,4	17,55	15,77	14,25	14,71	

Onde: Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância e ns não significativo ens não significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

#### **4.5.2. Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo**

Os resultados para N mineral no solo, na forma de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, os quais foram coletados junto ao processo de decomposição das plantas de cobertura, durante o desenvolvimento da cultura da canola, estão representados na tabela 7. Como pode ser observado, não ocorreram diferenças significativas para essa forma de N no solo nos diferentes sistemas de cobertura do solo.

Nas épocas de coleta, foi possível perceber que na segunda coleta, ou seja, aos 15 dias após o manejo das plantas de cobertura, os teores de N na forma amoniacal eram maiores. A massa seca é mineralizada, liberando o nitrogênio primeiro na forma de amônia, isso explica o fato dos teores de N na forma amoniacal serem maiores na segunda coleta.

TABELA 7: Teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo nos diferentes sistemas de cobertura do solo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

PLANTAS DE COBERTURA	DIAS APÓS O MANEJO						cv%
	0	15	30	45	60	90	
	mg de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup>						
CrotaláriaJuncea	13,93 B ns	26,44 A ns	21,7 AB ns	18,54 AB ns	18,76 AB ns	20,5 AB ns	25,03
CrotalariaSpectabilis	14,45 B ns	24,24 A ns	18,49 AB ns	17,3 B ns	18,13 B ns	19,64 AB ns	17,43
Feijão de Porco	18,51 B ns	27,83 A ns	21,54 AB ns	18,3 B ns	19,15 AB ns	21,04 AB ns	23,43
Guandú Anão	15,14 B ns	27,95 A ns	19,54 B ns	16,51 B ns	17,56 B ns	19,96 AB ns	23,68
Lablab	16,03 B ns	26,04 A ns	18,72 B ns	19,09 AB ns	17,05 B ns	19,47 AB ns	20,76
Mucuna Anã	16,09 B ns	26,38 A ns	19,12 AB ns	19,54 AB ns	18,81 AB ns	19,44 AB ns	22,12
Mucuna Preta	16,88 B ns	32,57 A ns	20,9 AB ns	17,69 B ns	17,81 B ns	19,04 B ns	32,86
Pousio	13,31 AB ns	23,52 A ns	17,21 AB ns	16,2 AB ns	16,94 AB ns	21,49 AB ns	26,10
CV%	27,33	25,03	19,15	25,76	23,00	13,31	26,10

Onde: Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância e ns não significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

#### 4.5.3. Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo

Na primeira época de avaliação não foi possível perceber diferenças significativas nos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, já para a segunda época o melhor tratamento foi o Guandu Anão, que teve teores dessa forma de Nitrogênio 50% maiores que o pousio, onde se encontro os piores resultados. A terceira época de avaliação o tratamento que apresentou maiores resultados foi a crotalariajuncea que apresentou 22,98 mg Kg<sup>-1</sup> a mais que a parcela do pousio com os menores valores, as demais coletas não apresentaram diferenças significativas nos níveis N nessa forma (Tabela 8). Essa mudança, em uma coleta o guandu anão e em outra a crotalariajuncea sendo as espécies que mais liberaram N na forma de nitrato no solo pode ser explicada pela relação C:N (Tabela 4), mesmo as relações sendo baixas, a crotalariajuncea é a espécie que tem a maior relação entre carbono e nitrogênio na matéria seca dos materiais, com isso, levou um tempo maior para liberar o nitrogênio para o solo, ou seja, primeiro os materiais com menor relação C:N liberaram o N na forma mineral e os materiais com relação maior foram os que liberaram mais tarde.

Em nenhum dos tempos o tratamento pousio mostrou-se melhor do que qualquer outro tratamento que utilizaram leguminosas como espécies para cobertura do solo, mostrando assim a importância de se utilizar plantas de cobertura para melhoria da qualidade do solo.

O N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> liberado pela decomposição do material orgânico passa por transformações se transformando em N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e posteriormente em N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Na tabela 7 podemos perceber que os valores de N na forma amoniacal eram maiores na segunda coleta, aos 15 dias após o manejo das plantas de cobertura, já os valores de N na forma nítrica foram maiores na terceira coleta, aos 30 dias após o manejo das plantas de cobertura(Tabela 8) , mostrando que o nitrogênio amoniacal foi transformado em nitrogênio na forma nítrica.



TABELA 8: Teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo nos diferentes sistemas de cobertura do solo. UTFPR, Campus Dois Vizinhos - PR, 2015

PLANTAS DE COBERTURA	DIAS APÓS O MANEJO							cv%
	0	15	30	45	60	90		
	mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg <sup>-1</sup>							
CrotalariaJuncea	21,08 B ns	24,74 B ab	44,64 A a	22,71 B ns	19,02 B ns	16,12 B ns	19,70	
CrotalariaSpectabilis	23,94 AB ns	23,27 AB ab	27,57 A bc	20,1 BC ns	18,45 BC ns	15,88 C ns	17,79	
Feijão de Porco	20,97 B ns	20,52 B b	38,74 A ab	21,41 B ns	21,48 B ns	18,86 B ns	32,60	
Guandú Anão	25,47 AB ns	27,53 AB a	35,16 A abc	17,7 BC ns	15,28 C ns	20,63 BC ns	23,95	
Lablab	19,89 A ns	24,04 A ab	24,86 A bc	20,5 A ns	20 A ns	15,39 A ns	26,38	
Mucuna Anã	27,47 A ns	22,1 A ab	27,73 A bc	18,78 A ns	18,52 A ns	17,18 A ns	33,55	
Mucuna Preta	21,11 B ns	20,51 B b	36,78 A ab	16,65 B ns	19,81 B ns	20,42 B ns	21,77	
Pousio	18,11 A ns	18,26 A b	21,66 A c	16,93 A ns	15,64 A ns	16,63 A ns	27,07	
CV%	23,08	15,49	24,44	24,39	23,15	26,63		

Onde: Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância e ns não significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

## **5.CONCLUSÃO**

O uso de leguminosas como plantas de cobertura do solo apresenta diferenças significativas na emissão de CO<sub>2</sub>, sendo que essa emissão é influenciada pela quantidade de matéria seca produzida pela cultura.

A Crotalária Juncea apresentou maior produção de matéria seca.

As culturas assemelham-se quanto ao teor de carbono na matéria seca, e a Crotalária Spectabilis apresenta maiores teores de N em sua constituição.

Os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo não difere entreos sistemas de cobertura utilizados, teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N mineral total diferem até os 30 dias após o manejo das plantas de cobertura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **MeteorologischeZeitschrift**, Stuttgart, v. 22, p.711-728, 2013.
- ALVES, A. R. et al. **Decomposição de resíduos vegetais de espécies da Caatinga, na região de Patos, PB**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.1, n.1, p.57-63, 2006.
- AMADO T. J. C. et al., **Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:189-197, 2001.
- ARAÚJO, F. A. S. et al. **Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG**. Revista Árvore, v.29, n.6, p.107-116, 2005.
- BEVILAQUA, G. A. P. et al. Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 43 p. 2008.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos. **Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Floresta: Embrapa Solos, 2008.
- CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: ASPTA. 346p. 1993.
- CERRI, C.C., CERRI, C.E.P. **Agricultura e Aquecimento Global**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 32 (1), p. 40-44, 2007.
- CERRI, C.E.P. et al. **Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options**. ScientiaAgricola., 64:83-99, 2007.
- CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**. v.22, p.53-60, 2001.
- CIESLIK, L. F. **Leguminosas como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto**, 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- COSTA F. S. et al., **Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:323-332, 2008
- 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.

- DAHLEM, A. R. et al. **Plantas de cobertura do solo na melhoria do plantio direto.** Revista Plantio Direto- Edição 141. 2014.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Embrapa. 2º ed. Revisão Ampliada. Brasília DF: Embrapa Informações Tecnológica, 627p.2009.
- FEBRAPDP. **Federação Brasileira de plantio Direto na Palha. Evolução do plantio direto no Brasil.** 2014. Disponível em <http://febrapdp.org.br/area-de-pd> Acesso em: 25/11/2014.
- FORMENTINI, E. A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem.** 2008.
- GOMES, J. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo.** 151 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.
- GROHS D. S. et al **Teores de nitrogênio mineral do solo para predição do potencial produtivo da cevada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1745-1754, 2009.
- HEINZMANN, Franz X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20: 1021-1030, 1985.
- HOUGHTON, J. T. et al., eds. IPCC TechnicalSummary. **Climate Change 2001.The scientific basis. Contributions of working group I.** of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 398p. 2001.
- JANZEN, H.H. **Carbon cycling in earth systems: A soil science perspective.** Agriculture Ecosystem an Environment, 104:399-417, 2004.
- JOHNSON, J. M. F. et al. **Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture in the central USA.** Soil & Tillage Reserarch, 83, p. 73-94, 2005.
- KHALIL, M. A. K.; RASMUSSEN, R. A. & SHEARER, M. J. **Atmospheric nitrous oxide: Patterns of global change during recent decades and centuries.** Chemosphere, 47:807-821, 2002.
- LAL, R. **Soilcarbodynamic in croplandandrangeland.** Environ. Poll., 116:353-362, 2002.
- 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.
- MARCOLINI, L. W. **Produção e decomposição de coberturas vegetais de inverno e sua influência na infestação e fitossociologia de plantas daninhas.** Piracicaba-SP. Dissertação de mestrado. ESALQ. 2009
- MORTON, J. F. et al. **Pigeon-peas***Cajanuscajan*Millsp). **A valuable crop of the tropics.** Mayaguez, Univ. Puerto Rico - Dep. ofAgronomyandSoils, 1982.122p.

- NUNES, A. da S. **Fontes e níveis de salinidade na germinação de sementes de *Crotalariajuncea* L.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 33, n.3, p 951-954, mai/jun., 2009.
- NUNES, U. R. **Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.41, n.6, p. 943-948, jun., 2006
- 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.
- PORTELA, J. C. et al. **Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície.** Revista Brasileira de Ciência do Solo.vol.34, n.4, p.1353-1364, 2010.
- QUEIROZ, L. R.; et al. **Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto.** Planta Daninha, v. 28, n. 2, p.263-270, 2010.
- RYAN, M. G. and LAW B. E. **Interpreting, measuring, and modeling soil respiration.**Biogeochemistry 73: 3–27 2005
- SANTOS G. de F. dos. **Emissão de óxido nitroso e mineralização do carbono de plantas de cobertura e de dejetos de suínos e bovinos em plantio direto de mamona.** 100f. Dissertação mestrado. (Mestrado em Ciência do Solo)Universidade Federal de Santa Maria RS. 2009.
- SEIFFERT, N. F.; THIAGO, L. R. L. **Legumineira: Cultura forrageira para produção de proteína.** Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 52p. (EMBRAPA-CNPGC. Circular Técnica, 13). 1983. Disponível em: <http://www.cnpge.embrapa.br/publicacoes/ct/ct13/index.html> acessado em: 18-11-2014.
- SILVA, J. A. A. et al; **Adubação verde em citrus.** Boletim Citrícola. UNESP/FUNEP/EECB, Junho /nº 9, 1999.
- SIQUEIRA NETO, M et al. **Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). – I Sequestro de carbono no solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1013-1022, 2009 b
- SIQUEIRA NETO, M. et al. **Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II - Emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1023-1029, 2009 a
- SOLOMON, S.; et al. Climate Change 2007.**The Physical Science basis: Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of**

- the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge, Cambridge University Press, 996p. 2007.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. In BLACK, C.A. eds. **Methods of soil analysis.** Part 2. Madison, American Society of Agronomy, p. 1550-1572. 1956.
- TEDESCO, M. J. et al. **Analises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, departamento de Solos, UFRS, 1995. 174p.
- 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, 29:609-618, 2005
- VIEIRA S. da S. et al. **Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases de efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes.** 45f Disciplina Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. Instituto de Zootecnia, APTA/SAA 2010.

## **7. ANEXOS**

Anexo 1: Dióxido de carbono volatilizado nos sistemas de cobertura do solo no ano de 2015. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

PLANTAS DE COBERTURA	DIA DA COLETA						
	19/mai	22/mai	25/mai	28/mai	31/mai	03/jun	10/jun
	g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>						
CrotalariaJuncea	73,44 abc	67,38 bc	184,88 ab	131,88 ab	90,44 a	45,08 ns	29,12 ns
CrotalariaSpectabilis	42,33 bc	62,98 c	134,49 bc	93,88 bc	47,22 bc	38,48	50,87
Feijão de Porco	92,71 a	106,48 a	220,12 a	149,5 a	80,81 ab	75,92	64,63
Guandú Anão	76,2 ab	90,79 ab	168,08 ab	103,52 abc	83,56 ab	72,34	56,65
Lablab	76,75 ab	83,9 abc	160,1 b	113,16 ab	45,57 bc	42,06	64,91
Mucuna Anã	45,08 abc	75,92 bc	141,65 b	102,69 abc	60,16 abc	45,63	41,23
Mucuna Preta	68,76 abc	90,51 ab	150,19 b	103,52 abc	53 abc	45,91	28,29
Pousio	24,16 c	31,32 d	82,73 c	53,96 c	26,84 c	28,29	37,65
CV%	27,68	12,25	11,66	16,5	23,74	38,33	34,38

Onde: Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância e ns não significativo ao nível de 5% no teste de Tukey



2: Dióxido de carbono volatilizado nos sistemas de cobertura do solo no ano de 2015. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2015.

PLANTAS DE COBERTURA	DIA DA COLETA							
	17/jun	24/jun	01/jul	08/jul	15/jul	22/jul	29/jul	05/ago
g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>								
CrotaláriaJuncea	39,72 abc	58,16 ab	89,6 a	64,8 a	72,3 ns	81,36 ab	61,7 ns	61,33 ns
CrotalariaSpectabilis	30,35 b	34,76 b	50 bcd	22,7 bc	32,7	52,45 ab	47,9	46,46
Feijão de Porco	42,47 abc	76,88 a	88,2 a	63,9 a	59,1	62,91 ab	40,8	59,13
Guandú Anão	44,12 a	62,29 ab	86 a	47,7 ab	44,8	79,43 ab	69,1	63,53
Lablab	36,69 abc	35,03 b	30,7 d	54,9 a	58	62,36 ab	55,9	58,02
Mucuna Anã	51,28 a	51 ab	77,8 ab	50,5 ab	44,3	102,3 a	58,9	57,75
Mucuna Preta	26,78 b	41,92 a	68,1 abc	45,5 ab	42,1	65,39 ab	47,4	40,4
Pousio	23,47 c	29,25 b	37,6 cd	14,1 c	36,6	33,73 b	36,6	45,36
CV%	19,06	27,3	18,3	23,8	45	28,95	30,4	26,4

Onde: Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância e ns não significativo ao nível de 5% no teste de Tukey