



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PRODUTIVIDADE DA SOJA E EFEITOS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO EM  
SUCESSÃO DE PLANTAS DE COBERTURA**

**EDUARDO HENRIQUE LIMA MAZZUCHELLI**



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PRODUTIVIDADE DA SOJA E EFEITOS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO EM  
SUCESSÃO DE PLANTAS DE COBERTURA**

**EDUARDO HENRIQUE LIMA MAZZUCHELLI**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador:  
Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

631.45  
M478p

Mazzuchelli, Eduardo Henrique Lima.  
Produtividade da soja e efeitos na  
microbiologado solo em sucessão de plantas de  
cobertura / Eduardo Henrique Lima Mazzuchelli. –  
Presidente Prudente, 2016.  
76 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,  
Presidente Prudente, SP, 2016.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

1. Qualidade de Solo. 2. *Glycine max* (L.)  
Merrill. 3. Adubo Verde. 4. Indicadores Biológicos  
I. Produtividade da soja e efeitos na microbiologia  
do solo em sucessão de plantas de cobertura.

**EDUARDO HENRIQUE LIMA MAZZUCHELLI**

**PRODUTIVIDADE DA SOJA E EFEITOS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO EM  
SUCESSÃO DE PLANTAS DE COBERTURA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia- Área de Concentração: Produção Vegetal

Presidente Prudente, 05 de outubro de 2016

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)



Prof. Dr. Fábio Rafael Echer

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)



Prof. Dr. Roges Heinrichs

UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Dracena (SP)

## DEDICATÓRIA

*Dedico primeiramente este trabalho a Deus, Pai todo poderoso, que oferece o dom da vida.*

*Dedico este trabalho aos meus pais Luiz Heraldo Mazzuchelli e Maria Lica de Lima Mazzuchelli, que souberam oferecer a melhor educação a mim e a Rita, que nunca mediram esforços para oferecer o melhor possível aos seus filhos. Pai faço de tudo para poder vencer e retribuir todo o esforço que teve conosco, quanta luta, quanto sacrifício. Mãe, você que quantas vezes abriu mão de seus sonhos, para realizar os nossos, vocês são minha força minha base, meu porto seguro. Pai e mãe eu quero ser motivo de orgulho para vocês.*

*A minha irmã Rita de Cássia Lima Mazzuchelli, pelo carinho e confiança, os anos vividos e compartilhados juntos, teus pensamentos como os meus, gostos e opiniões, sendo cúmplice em várias situações vividas, é minha parceira de vida e profissão.*

*A minha avó, com seu jeito carinhoso de cuidar de todos, Sebastiana Maria de Lima que é exemplo de vida e esperança, 'Vózinha' quero um dia ter metade de sua determinação, garra e coragem. A alegria e a saúde que possui são admiráveis e invejáveis, obrigado por dividir sua vida conosco. Ao meu avô Luiz Gonzaga de Lima (in memorian), senti por poucos anos aquela imensa bondade de um vovô tão amável, mas nunca me fiz esquecer os anos que passamos juntos, até hoje sinto sua saudade...*

*Aos avós Ângelo Mazzuchelli e Ester das Neves Mazzuchelli pela firme educação, pelo exemplo do amor à terra e com quem ainda criança obtive o cuidado com as plantas e com o solo, e por todo o amor que me ofereceram.*

*A toda minha família que, em todos os momentos de realização desta pesquisa, esteve presente em palavras de incentivo, e em cada oração.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Em todo o decorrer deste trabalho contei com a ajuda de inúmeras pessoas que me apoiaram e me proporcionaram a realização de mais este sonho em minha vida, portanto só cabe poder agradecer.*

*Ao professor orientador, Dr. Carlos Sérgio Tiritan que, ao longo de todos estes anos desde a graduação, sempre depositou muita confiança em mim acreditando em meu potencial e sempre o tive como referência em minha profissão, por todos os ensinamentos dentro e fora da sala de aula.*

*As minhas tias-mães, Maria Vera Lucia de Lima, a minha madrinha Maria Marlene de Lima Pereira, Maria Luisa de Lima e Maria José de Lima Pellosi, e como tias-mães me ajudam, me dão suporte e principalmente, me amam como filho.*

*A todos meus amigos, pelo companheirismo, incentivo e os muitos momentos de alegria compartilhados.*

*A todos os funcionários da Fazenda Experimental da Unoeste, as secretárias, e funcionários dos laboratórios, por onde realizei minhas análises, em especial Aparecida Thomaz, Keid Ribeiro Krüger, Jocene Aparecida Lima Martines, Daniela Gimenez Muraro Damasceno, Amandio Oliveira da Silva Júnior, Lindaura Helena da Silva, Luciana Muchiutti Pinheiro Assumpção e Viviane Ferreira que foram indispensáveis na ajuda e empenho, que resultou no desenvolvimento desta pesquisa.*

*Agradeço ao professor e grande mestre Pedro Veridiano Baldotto, pelos inúmeros ensinamentos que compartilhou comigo ao longo desta caminhada, pelos momentos de descontração e partilha.*

*Agradeço ao professor Dr. Fábio Fernando de Araújo pela sua contribuição em minha formação acadêmica e neste trabalho.*

*Ao professor Dr. Paulo Claudeir Gomes, que contribuiu para a realização deste experimento e me auxiliou na condução prática das lavouras.*

*Agradeço a todo o corpo docente que contribuiu de maneira significativa ao meu crescimento profissional, que vem me acompanhando desde a graduação e a todos os funcionários que não mediram esforços na contribuição do meu trabalho.*

*“Ele é a imagem de Deus invisível, tudo foi criado por Ele e para Ele e porque  
aprouve a Deus fazer habitar Nele toda a plenitude e por seu intermédio reconciliar  
consigo todas as criaturas, ao preço do seu próprio sangue na cruz, restabeleceu a  
paz a tudo o que existe na terra e nos céus”*

*(Cl 1, 15-20)*

*“Por isso fazei tudo o que Ele vos disser”*

*(Maria, Mãe de Deus)*

## RESUMO

### PRODUTIVIDADE DA SOJA E EFEITOS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO EM SUCESSÃO DE PLANTAS DE COBERTURA

A biomassa microbiana do solo é de suma importância no aumento de produtividade das culturas e seu acompanhamento reflete possíveis mudanças no solo, sendo uma boa indicadora de qualidade dos solos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos e biológicos do solo e produtividade da soja sucedendo plantas de cobertura. O experimento foi conduzido no município de Presidente Bernardes-SP, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental foi em faixas inteiramente casualizadas. Os tratamentos foram constituídos pela adoção de espécies de cobertura, sendo o milho, pousio, braquiária semeada, sorgo, milho, feijão guandu e pousio adubado. As plantas de cobertura foram mantidas até o 85º dia após a semeadura e posteriormente foram retiradas para a realização de silagem e toda a área do experimento deixada para a regeneração do pasto de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e mantida por 160 dias, posteriormente realizada a semeadura da soja. Foram avaliados a produção de biomassa das plantas de cobertura e da braquiária, análises do tecido foliar e bromatológica. Também foi amostrado o solo para avaliar a composição química e características microbiológicas, e avaliações dos componentes de produção da soja. A produtividade da soja apresentou incremento após o pré-cultivo de feijão guandu. Os atributos biológicos foram influenciados significativamente pelo cultivo de plantas de cobertura, sendo que o pré-cultivo com feijão guandu destacou-se na melhoria de tais atributos. As espécies utilizadas como plantas de cobertura e adubo verde não alteraram os atributos químicos do solo, com exceção do enxofre em profundidade de 10 – 20 cm.

**Palavras-chave:** Qualidade de Solo, *Glycine max* (L.) Merrill, Adubo Verde, Indicadores Biológicos.

## ABSTRACT

### SOYBEAN PRODUCTIVITY AND EFFECTS ON SOIL MICROBIOLOGY IN SUCCESSION OF COVERAGE PLANTS

The microbial biomass of the soil is of great importance in the increase of crop productivity and its accompaniment reflects possible changes in the soil, being a good indicator of soil quality. The objective of this work was to evaluate the chemical and biological attributes of the soil and soybean yield succeeding coverage plants. The experiment was conducted in the municipality of Presidente Bernardes-SP, in a soil classified as Dystroferric Red Argisil. The experimental design was completely randomized. The treatments were constituted by the adoption of cover species, being millet, fallow, seeded, sorghum, corn, pigeon pea and fertilized fallow. The cover plants were kept until the 85th day after sowing and were later withdrawn for silage and the entire area of the experiment left for the regeneration of *Urochloa brizantha* cv. Marandu and maintained for 160 days, afterwards the soybean was sown. The biomass production of cover and brachiaria plants, foliar and bromatological tissue analyzes were evaluated. Soil was also sampled to evaluate the chemical composition and microbiological characteristics, and evaluations of soy production components. Soybean yield increased after the pre-cultivation of pigeon pea. The biological attributes were influenced significantly by the cultivation of coverage crops, and the pre-cultivation with pigeon peas stood out in the improvement of such attributes. The species used as cover plants and green manure did not alter the chemical attributes of the soil, with the exception of sulfur in depth of 10 - 20 cm.

**Keywords:** Soil quality, *Glycine max* (L.) Merrill, Green Fertilizer, Biological Indicators.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Massa de matéria verde (MV) de plantas de cobertura aos 85 dias após a semeadura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014 .....	43
TABELA 2 -	Teor de nutrientes na parte aérea de plantas de cobertura colhidas aos 85 dias após a semeadura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014.....	46
TABELA 3 -	Produção de massa de matéria verde (MV) e seca (MS) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de braquiária brizantha cv. Marandú, sucedendo plantas de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014.....	47
TABELA 4 -	Teor foliar de macro e micronutrientes na parte aérea de braquiária brizantha cv. Marandu, sucedendo plantas de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014.....	49
TABELA 5 -	Composição químico-bromatológica de braquiária brizantha cv. Marandu, 155 dias após a colheita de plantas de cobertura e leguminosa, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014.....	51
TABELA 6 -	Resultado da análise química de solo coletado nos perfis amostrados, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.....	53
TABELA 7 -	Teor de enxofre presente na camada de 10 - 20 cm de profundidade, em áreas manejadas anteriormente com plantas de cobertura, braquiária brizantha cv. Marandu e soja, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.....	54
TABELA 8 -	Matéria orgânica (M.O.), carbono (CBMS) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBMS) da camada de 0 - 10 cm de	

	profundidade, após o cultivo da soja em áreas provenientes do uso de espécies de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.....	56
TABELA 9 -	Atividade da enzima desidrogenase ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico do solo ( $q\text{CO}_2$ ), na profundidade de 0-10 cm, após o cultivo da soja em áreas provenientes do uso de espécies de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.....	58
TABELA 10 -	População de soja aos 20 dias após a semeadura e componentes de produção da soja cultivada sucedendo plantas de cobertura e braquiária brizantha cv. Marandu, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Cultivo da soja</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Sistema de semeadura direta</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Rotação de culturas</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4</b>	<b>Adubação verde</b> .....	<b>20</b>
3.4.1	Feijão guandu.....	22
<b>3.5</b>	<b>Plantas de cobertura</b> .....	<b>23</b>
3.5.1	Milheto .....	24
3.5.2	Braquiária .....	25
3.5.3	Sorgo .....	26
3.5.4	Milho.....	27
<b>3.6</b>	<b>Sustentabilidade em solos arenosos</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7</b>	<b>Atributos biológicos do solo</b> .....	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E METÓDOS</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da área experimental</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Instalação e condução do experimento</b> .....	<b>36</b>
<b>4.4</b>	<b>Avaliações</b> .....	<b>37</b>
4.4.1	Matéria verde das plantas de cobertura e tecido vegetal .....	37
4.4.2	Matéria verde e seca da braquiária e análises de tecido vegetal .....	38
4.4.3	Análise química do solo.....	38
4.4.4	Análises microbiológicas .....	39
4.4.4.1	Análise da biomassa microbiana do solo .....	39
4.4.4.2	Atividade da enzima desidrogenase.....	41
4.4.4.3	Análise da respiração .....	41
4.4.4.4	Quociente metabólico ( $qCO_2$ ).....	41
4.4.5	Emergência das plantas .....	42
4.4.6	Componentes de produção e produtividade da soja .....	42
<b>4.5</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>43</b>

<b>5.1</b>	<b>Produção de plantas de cobertura e adubo verde .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Produção de braquiária brizantha.....</b>	<b>47</b>
<b>5.3</b>	<b>Atributos químicos do solo .....</b>	<b>52</b>
<b>5.4</b>	<b>Atributos biológicos do solo.....</b>	<b>54</b>
<b>5.5</b>	<b>Componentes de produção da soja.....</b>	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja está entre as commodities agrícolas mais importantes do mundo, devido ao seu alto valor protéico e diversificação do uso. É uma das espécies amplamente cultivadas devido ao melhoramento genético que possibilitou sua difusão por regiões tropicais, chegando a países como o Brasil, que ampliou suas fronteiras agrícolas proporcionando grande impacto na economia brasileira. O complexo soja (grão, farelo e óleo) é o principal gerador de divisas cambiais no Brasil, com negociações anuais que ultrapassam os US\$ 20 bilhões (BRASIL, Ministério da Agricultura, 2016).

Contudo é necessário investir em tecnologias acessíveis aos produtores, para aumentar a produtividade e conseqüentemente a lucratividade na sojicultura brasileira, evitando assim, a abertura de novas áreas para a agricultura (EMBRAPA, 2016).

As técnicas de plantio direto e a adoção de rotação de culturas trouxeram vários benefícios e estão se consolidando cada vez mais nos cultivos mais variados, podendo ser adaptados conforme a região em que estão inseridos. Como resultados diretos podemos citar a diminuição da erosão do aporte de matéria orgânica, maior atividade microbiológica do solo e mantendo-o sempre cultivado, proporcionando o sinergismo na agricultura.

A utilização de espécies leguminosas no sistema de plantio, além do benefício evidente que é a fixação do nitrogênio biológico através da simbiose de bactérias do gênero *Rhizobium* associadas às raízes dessas plantas, pela formação de nódulos, que após sua dessecação ou corte, possibilitam que estes nutrientes retornem ao sistema solo, e sejam aproveitados pela cultura seguinte, reduzindo custos com adubos e também possíveis perdas para o meio ambiente, como volatilização da amônia ou lixiviação do nitrato.

Além disso, as espécies utilizadas como cobertura de solo, entre as quais destacam-se aquelas pertencentes a família Poaceae apresentam alto potencial para rotação de culturas com as leguminosas, pois permitem um manejo eficiente, que traz todas as premissas de um sistema de rotação, como a quebra do ciclo de patógenos, de insetos, e suas raízes exploram níveis diferentes nos perfis do solo, permitindo uma ciclagem maior de nutrientes, aporte de matéria orgânica em subsuperfície, além de uma descompactação de camadas profundas de solo.

É importante explorar qual a espécie que apresenta maior potencial para a utilização em sistemas de rotação com culturas graníferas, que venha a fornecer nutrientes necessários para o estabelecimento da cultura subsequente, principalmente quando se trata de solos degradados, sem o aporte de nutrientes necessários, sem a presença de níveis suficientes de matéria orgânica no solo, e susceptíveis ao veranico, como é o caso dos solos existentes na região do Oeste Paulista.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os atributos químicos e biológicos do solo e produtividade da soja em áreas previamente cultivadas com plantas de cobertura.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cultivo da soja

A sojicultura se tornou um dos mercados agro-alimentares mais importantes no cenário agroindustrial mundial. A soja é a oleaginosa mais produzida e consumida no mundo e isto se deve a sua ampla utilização, que pode ser tanto para consumo humano quanto para o consumo animal, além do uso na fabricação de bicompostíveis, caracterizando-a como uma das principais commodities agrícolas. Devido à importância do grão para a economia do país e a sua crescente demanda externa, o plantio da oleaginosa ocorre em quase todas as regiões do Brasil (CASTRO; VIANA, 2013).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) que hoje é cultivada mundo afora, é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem: espécies de plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Amarelo, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. Sua importância na dieta alimentar da antiga civilização chinesa era tal, que a soja, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milheto, era considerada um grão sagrado, com direito a cerimônias ritualísticas na época da semeadura e da colheita (EMBRAPA, 2004).

No Brasil, a capacidade competitiva da soja foi obtida através dos avanços científicos e da disponibilização de tecnologias em todas as etapas do processo produtivo. Um dos fatores que contribuíram para aumentar a capacidade de produção do país foi obtido através do melhoramento genético, que gerou cultivares adaptados às diversas regiões brasileiras que não fossem sensíveis ao fotoperíodo, com resistência às principais doenças. Além dos avanços obtidos com a correção dos solos, rotação de culturas e principalmente ao processo de fixação biológica de nitrogênio (COSTA et al., 2009).

A soja melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20°C e 30°C; a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C, a floração precoce ocorre, principalmente, em decorrência de temperaturas mais altas, podendo acarretar diminuição na altura de planta. A necessidade total

de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (EMBRAPA, 2010).

A utilização de monocultivos, ou sucessão de culturas, que normalmente é realizada com o sistema soja-milho safrinha, pode provocar processos de degradação física, química e biológica do solo, contribuindo desta forma para a diminuição da produtividade, como também favorecer a incidência e severidade de doenças, pragas e o surgimento de plantas daninhas resistentes. Desta forma, são necessárias medidas corretivas no sistema agrícola, como a introdução de outras espécies, preferencialmente, espécies de cobertura do solo (EMBRAPA, 2010).

### **3.2 Sistema de semeadura direta**

O aprimoramento do sistema de semeadura direta ocorreu através da percepção da viabilidade da semeadura direta que este sistema necessitava de um conjunto de tecnologias ou de princípios para uma agricultura conservacionista mais amplo. Desta forma, o processo necessitava ser entendido e praticado como sendo um “sistema de manejo” e não somente como um simples método de semeadura direta e preparo reduzido do solo. Já que o sistema deve ser compreendido como um complexo de práticas conservacionistas para a exploração agrícola, como a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, a manutenção dos resíduos culturais anteriores na superfície do solo, na diversificação agrícola, através de rotação e consorciação de culturas (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

Diferentemente do que vem ocorrendo no país, o “plantio direto” ou “semeadura direta” concebe simplesmente a prática de depositar as sementes no solo com ausência de sua mobilização através das práticas de aração, escarificação e/ou gradagem bem como na manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo. Entretanto, esta prática não garante um aporte de material orgânico em quantidade, qualidade e frequência necessárias para suprir a demanda biológica dos solos (OLIVEIRA; ROSA, 2014).

Desta forma, para que haja eficácia do sistema de plantio direto, há necessidade, dentro de outros fatores, da quantidade e da qualidade dos resíduos culturais na superfície do solo. Consequentemente há necessidade da

recomendação das plantas de cobertura do solo, principalmente das espécies leguminosas e gramíneas, que dependendo de sua persistência e composição, influenciarão nas características físicas, químicas, biológicas e hídricas do solo, como também de sua proteção do solo à erosão. Conseqüentemente, uma boa cobertura do solo deve promover a supressão de plantas daninhas, contribuindo na diminuição dos custos para seu controle em pós-emergência na cultura comercial de primavera-verão (PIRES et al., 2008).

Dentre os benefícios que o sistema de semeadura direta possui, pode-se citar a redução das enxurradas em aproximadamente 90%, as perdas de solo em torno de 70% proporcionando desta forma redução dos processos erosivos; a diminuição em 75% da mecanização; a regulação térmica proporcionada pela palhada na superfície do solo, reduzindo a amplitude térmica em até 10°C, os incrementos nos teores de matéria orgânica, a menor dispersão de doenças, e a conseqüente redução das plantas infestantes pelo sombreamento proporcionado pelos resíduos culturais (LIMA et al., 2016).

Através de suas prerrogativas da não mobilização do solo, não fracionando nem desarranjando os agregados do solo, o sistema de plantio direto protege a matéria orgânica, evitando sua oxidação acelerada, contribuindo de forma positiva na agregação do solo e melhoria de sua estrutura. Entretanto, devido a não utilização dos arados na incorporação do calcário, o mesmo pode tender a correção da camada mais superficial do solo, formando estratificação química do perfil do solo, como o de pH, alumínio tóxico, cálcio, magnésio, que em momentos de veranicos pode prejudicar a produção das culturas. Entretanto, a concentração de matéria orgânica na superfície e a maior atividade biológica dos solos, tendem a manter um equilíbrio, não deixando muitas vezes aparecer os efeitos deste fenômeno (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

Através do sucesso brasileiro com o sistema de plantio direto, a FAO – Organização das Nações Unidas, que é a responsável pela segurança alimentar do planeta, juntamente com instituições planetárias de fomento ao desenvolvimento sustentável, como o Banco Mundial e o Banco Internacional de Desenvolvimento (BID), passaram a utilizar este exemplo de sucesso, como um norteador dos princípios para aprovação de projetos e programas a serem apoiados a partir da década de 90. Desta forma, a FAO instalou o termo de Agricultura Conservacionista, com o objetivo de universalizar o entendimento a respeito dos

distúrbios mínimos do solo, cobertura permanente do solo e o sistema de rotação de culturas (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

### **3.3 Rotação de culturas**

As práticas conservacionistas do solo devem ser um critério importante para a execução, buscando a melhoria da produtividade agrícola. Sendo assim, o manejo não deve ser encarado como um sistema imutável a ser seguido e sim encontrar as melhores condições de cultivo para cada local, respeitando as características e condições de cultivo da região e aptidão do produtor, principalmente na escolha de plantas para serem cultivadas em sistema de rotação de culturas (MELLO; ESPERANCINI, 2015).

A rotação de culturas é um requisito de qualidade para o sistema de plantio direto, sendo a rotação de culturas definido como a alternância ordenada de diferentes culturas em determinado ciclo, na mesma área. Proporcionando o aumento da diversidade biológica, devido à ciclagem de nutrientes, à fixação biológica de nitrogênio, à diversificação da infestação de plantas daninhas, a redução na incidência de doenças, no aumento da cobertura do solo, nos diferentes níveis explorados pelas raízes reduzindo a compactação do solo (FRANCHINI et al., 2011).

Na rotação de culturas, um dos principais fatores relacionados ao sistema se baseia na relação carbono/nitrogênio - C/N, no qual resíduos com menores relações destes elementos apresentam maiores quantidades de nutrientes solúveis em água, principalmente, nas espécies leguminosas, o que podem ser fatores determinantes na liberação dos nutrientes para as culturas em sucessão, entretanto, as espécies também devem apresentar resistência à decomposição, o que possibilita uma maior liberação possível de nutrientes ao sistema, ao longo do ciclo da cultura seguinte, além de proteger o solo para as culturas sucessoras (PACHECO et al., 2013).

A prática da rotação de culturas proporciona condições para solucionar ou atenuar problemas de solo e condições do ambiente que se tornam favoráveis à multiplicação de pragas e doenças, através da inclusão de espécies com sistema radicular vigoroso, pelo aporte diferenciado de matéria seca e nutrientes, promove alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, estas alterações

dependem das espécies utilizadas em rotação, do período de cultivo e do número de rotações utilizados, assim, esta prática torna-se fundamental principalmente em solos com baixos teores de matéria orgânica e com elevada pressão de pragas e patógenos (SILVEIRA; STONE, 2003).

Os processos de degradação dos solos, por consequência da atividade agrícola, geralmente estão atrelados ao manejo inadequado e pelos monocultivos, no caso das pastagens, principal atividade agrícola do Oeste Paulista, os processos de degradação das mesmas pode ter como causa principal a deficiência nutricional das plantas, desta forma, a rotação da pastagem com outras culturas anuais adubadas pode ser a solução eficiente para uma boa produção de grãos e de carne, sendo este um dos principais objetivos da integração lavoura pecuária (GONÇALVES; FRANCHINI, 2007; LOURENZANI; CALDAS, 2014).

### **3.4 Adubação verde**

O aumento da população mundial exige aumentos na produção de alimentos. Há duas formas para este aumento, expandir a área de plantio agrícola ou aumentar a produtividade. Entretanto, a abertura de novas áreas apresenta grandes preocupações devido à proteção ambiental. Por isso, são necessárias medidas para aumentar a produtividade agrícola, como aumentar a intensificação do uso da terra em áreas já abertas, de forma a buscar uma atividade sustentável, sem uso excessivo de defensivos agrícolas, adubações, etc. (VILELA et al., 2011).

No Brasil cerca de 30 milhões de hectares encontram-se em algum grau de degradação, principalmente em função do manejo inadequado, devido, ao uso de taxas de lotação acima da capacidade de suporte das pastagens e também a falta de adubação de manutenção. Conseqüentemente, a utilização de leguminosas em pastagens apresenta-se como alternativa para sistemas de produção pecuária com uso reduzido de insumos nitrogenados, entretanto, há dificuldade em manejar duas espécies com características morfofisiológicas distintas, dificultado assim a sua adoção dessa tecnologia (ALMEIDA et al., 2003).

A associação de adubos verdes a fertilizantes minerais, como fonte de nitrogênio para as culturas, tem como objetivo à racionalização no uso das fontes minerais, sem prejudicar a obtenção de produtividades elevadas (SCIVITTARO et al., 2003). A prática de adubação verde pode apresentar vários benefícios aos

agroecossistemas, como por exemplo, o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, a reciclagem de nutrientes e aporte de nitrogênio por meio da fixação biológica, principalmente pelas espécies leguminosas, a melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, proporciona uma maior retenção e capacidade de infiltração de água, o aumento na biodiversidade no solo, o controle dos efeitos da temperatura no solo, como também a diminuição das perdas de solo pelos processos de erosão, o sequestro de carbono e um maior controle de plantas espontâneas (OLIVEIRA et al., 2011).

A utilização dos sistemas de consórcio entre as espécies gramíneas e as leguminosas que utilizem técnicas de manejo ou espécies adequadas que permitam um resíduo mínimo de massa da espécie leguminosa podem apresentar maiores taxas de crescimento da gramínea, em função principalmente, da interação da leguminosa no sistema entre solo-planta, e conseqüentemente elevar a produção (SANTOS et al., 2011).

As leguminosas, além de proporcionarem benefícios similares aos obtidos com espécies de outras famílias botânicas utilizadas para a adubação verde, tem como particularidade o fato de formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (FBN), proporcionando, desta forma, a incorporação de quantidades expressivas deste nutriente essencial nos sistemas de cultivo (PERIN et al., 2004), fato que é de grande importância, principalmente, para sustentação de unidades de produção (PEREIRA, 2009).

Com a conseqüente elevação nos preços dos insumos básicos da produção agrícola, principalmente os fertilizantes dependentes do petróleo, e a queda na produtividade das culturas decorrentes do mau uso do solo, evidenciam a necessidade de buscar alternativas tecnológicas que, possibilitem sem onerar ainda mais a produção ao produtor, o aumento da fertilidade do solo, como uma forma de aproveitar melhor os recursos naturais existentes. Uma das técnicas com a possibilidade substancial para a economia com fertilizantes, principalmente os nitrogenados, e, além disso, proteger o solo contra os processos erosivos é a adubação verde (ARF; SÁ; BUZETTI, 1996).

De acordo com Cantarela (2007), estima-se que a eficiência média de recuperação do N do fertilizante está entre 50 e 60%, a partir de dados de ensaios realizados em várias partes do mundo, no entanto, esta pode ser muito variável,

dependendo do tipo de solo, da cultura, da dose do adubo, do manejo, da incidência de pragas e doenças e das condições ambientais.

Outras pesquisas indicam que o nitrogênio do adubo verde pode ser absorvido mais eficientemente que o do fertilizante ou que os adubos verdes modificam o ambiente do solo, estimulando o crescimento da planta, ou ambos, de maneira que torna possível uma maior absorção de N pela cultura (CHERR et al., 2006).

O nitrogênio quando aplicado ao solo, ou como resíduo vegetal, ou como um fertilizante mineral, pode ser absorvido pelas plantas, após sua mineralização, no caso do nitrogênio presente nos resíduos vegetais, este pode-se perder, seja por lixiviação, seja por volatilização de formas gasosas, e pode, ainda, ser imobilizado no solo por ação microbiológica ou ser gradualmente transformado em formas estáveis que nele permanecem (AMBROSANO; TRIVELIN; MURAOKA, 1997).

Favero et al. (2000), avaliando o potencial produtivo de cinco leguminosas, observaram que o feijão bravo-do-ceará apresentou maior produtividade de massa seca ( $8,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e maior acúmulo de nitrogênio ( $222 \text{ kg ha}^{-1}$ ), seguido por feijão de-porco ( $7,6 \text{ Mg de MS ha}^{-1}$  e  $206 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ), mucuna preta ( $6,6 \text{ Mg de MS ha}^{-1}$  e  $196 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ), feijão guandu ( $5,1 \text{ Mg de MS ha}^{-1}$  e  $137 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ) e lablab ( $3,7 \text{ Mg de MS ha}^{-1}$  e  $109 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ).

Existem várias formas de se avaliar o potencial de utilização de leguminosas em sistemas agrícolas, podendo-se considerar: a produção de matéria seca; o acúmulo de N na biomassa; a fixação biológica do N atmosférico; a taxa de liberação do N; a velocidade de crescimento inicial e porcentual de cobertura do solo; nutrição da cultura econômica; o rendimento da cultura comercial em consórcio ou em sucessão; e a equivalência em nitrogênio mineral, entre outros (PEREIRA; SOARES; PEREIRA, 2013).

#### 3.4.1 Feijão guandu

O feijão guandu (*Cajanus cajan*) é uma espécie leguminosa que possui várias utilizações, pode ser usada para os mais diversos fins, como planta melhoradora de solos, na recuperação de áreas degradadas, como planta fitorremediadora, na renovação de pastagens, na alimentação de animais

domésticos e da pecuária, também largamente utilizada na alimentação humana. Sua cultura tem muita importância para diversos países, principalmente os asiáticos e africanos, sendo encontrada com frequência em todo o Brasil (AZEVEDO; RIBEIRO; AZEVEDO, 2007).

É uma espécie que fixa grande quantidade de nitrogênio atmosférico, que se adapta a diferentes condições ambientais. Sendo uma espécie difundida em pequenos estabelecimentos rurais no Brasil, possibilitando sua utilização para integrar sistemas de produção sustentáveis, e que pode incorporar ao sistema até 283 kg ha<sup>-1</sup> de N e 23 kg ha<sup>-1</sup> de P (ALVES et al., 2004).

O guandu apresenta produção de fitomassa variando de 11,5 a 16 t ha<sup>-1</sup>, sendo que sua biomassa apresenta grande quantidade de nutrientes, revelando que esta espécie de leguminosa arbustiva possui grande potencial para uso em adubação verde. Outro aspecto positivo do guandu, diz respeito ao efeito supressor sobre a vegetação espontânea, sendo assim, a utilização desta leguminosa é uma alternativa agroecológica viável para o controle de plantas espontâneas e para a manutenção da fertilidade do solo (RAYOL; ALVINO-RAYOL, 2012).

É uma espécie que possui elevado crescimento, cobrindo o solo, com elevada biomassa já em seu estágio inicial, proporcionando uma restauração física, além de ser uma espécie leguminosa, com a realização do processo de fixação biológica de nitrogênio, proporcionando desta forma, uma restauração química e biológica do sistema, aumentando a matéria orgânica do solo e os estoques de nitrogênio, apresenta um ciclo de vida de aproximadamente três anos e neste período, dificulta o aparecimento de plantas invasoras no local (BELTRAME; RODRIGUES, 2008).

### **3.5 Plantas de cobertura**

A área ocupada por plantas forrageiras no Brasil corresponde por três quartos da área agrícola nacional, onde as espécies cultivadas ocupam cerca de 115 milhões de hectares (QUADROS et al., 2014).

A utilização de forrageiras associadas a culturas tem contribuído para a redução dos custos de formação e/ou recuperação de pastagens em melhores condições de fertilidade do solo. As forrageiras, geralmente, são utilizadas em consórcio com arroz, milho, sorgo e milheto, ou em sucessão a estas culturas, ou

ainda em sucessão à cultura da soja, o que vem sendo denominado de “pasto safrinha” por técnicos e produtores (ZIMMER et al., 2011).

Devido a esta diminuição da fertilidade do solo e do potencial das forrageiras, muitas vezes abandona-se as áreas já utilizadas e abrem-se novas para a implantação de novos pastos (SILVA et al., 2013).

Os fatores climáticos são alguns dos principais determinantes da produtividade das forragens e, assim sendo, são condicionantes do sistema produtivo (ALVES; SILVA, 2012). A disponibilidade hídrica, de radiação solar, a duração do dia, a temperatura, o tipo de solo e o tipo de planta presente são fatores que determinam a potencialidade de produção e o acúmulo de forragem (SOUZA JÚNIOR, 2007). Dentre esses fatores, a radiação solar, a duração do dia e a temperatura são variáveis impassíveis de serem modificadas, mas outros aspectos como a deficiência de minerais, as deficiências hídricas e a intensidade e frequência de pastejo dos animais podem ser adequados de acordo com as particularidades do sistema de produção (SILVEIRA, 2007).

É necessário investir em tecnologias que possibilitem uma melhor formação das pastagens, pois caso sejam reformadas 10% da área ocupada por pastagens anualmente no país, seriam necessárias, considerando 12 kg de sementes ha<sup>-1</sup>, seriam 138 mil toneladas de sementes, isto apresenta ao produtor um elevado custo, sendo necessário o sucesso de sua implantação (QUADROS et al., 2014).

### 3.5.1 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é originário da África, ao sul do Deserto do Saara, sendo registrado o seu cultivo entre 4 e 5 mil anos atrás, o início do cultivo no Brasil é relatado por volta de 1929 no Rio Grande do Sul, como planta forrageira para pastoreio do gado. Esta forrageira anual apresenta entre as suas principais características, a elevada tolerância à seca, capacidade de extração e reciclagem de nutrientes (sobretudo o P), média tolerância ao alumínio e boa produção de matéria seca (MS), da ordem de 5 a 15 t por hectare (PEREIRA FILHO et al., 2003).

De porte alto variando de 4 a 5 m no cultivo de verão, cespitoso, de crescimento ereto com excelente produção de perfilhos e rebrota vigorosa após o

cutre e pastejo, com altos valores nutritivos (podendo chegar até 24% de proteína bruta), de boa aceitabilidade e digestibilidade, o milho é considerado uma forrageira tropical atóxica aos animais em qualquer estágio vegetativo e que pode ser cultivada em safra ou safrinha. As exigências térmicas e hídricas ideais para a planta de milho são de temperaturas noturnas médias (15-28°C) e um mínimo de 30 mm de água para germinação, podendo ser, desta forma, uma boa opção como planta de cobertura de outono-inverno, embora a época recomendada para o milho seja mesmo o verão. O milho produz grãos em condições extremamente secas e em condições de solo de pouca ou média fertilidade (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

O milho possui diversas formas de utilização, como planta forrageira, para o consumo direto do gado, para a produção de grãos para a fabricação de rações, como planta de cobertura do solo para o sistema de plantio direto. Sendo estes um dos principais fatores para o aumento da expansão da cultura, em decorrência do milho possuir grande capacidade de extração de nutrientes do solo, devido ao profundo e vasto sistema radicular, promovendo a ciclagem de nutrientes (COELHO; PEREIRA FILHO, 2012).

### 3.5.2 Braquiaria

Em relação à proporção de pastagens em condições ótimas ou adequadas no país, não deve ser superior a 20%. Entre as pastagens cultivadas mais de 70% são pertencentes ao gênero *Urochloa*, o que permite inferir que no Brasil são cultivados mais de 80 milhões de hectares com pastagens dessa espécie. Dentre estas, cerca de 90% da área é ocupada por duas espécies: *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens*. Para *U. brizantha* a predominância é da cultivar Marandu, e mais recentemente aparecem as cultivares Xaraés e Piatã. Para a espécie *U. decumbens* encontra-se em predominância a cultivar Basilisk (MACEDO et al., 2014).

A espécie *Urochloa brizantha* é considerada excelente forrageira tropical e tem sido utilizada no sistema de integração agricultura-pecuária, principalmente em sistemas de rotação, ou na implantação de cultivos consorciados com culturas anuais, visando a diversificação da produção agropecuária, com a

formação de pastagens para pecuária extensiva e/ou a formação de palhada (JAKELAITIS et al., 2005).

O Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) é uma gramínea forrageira, de hábito de crescimento cespitoso, formando touceiras de até 1,0 m de diâmetro e perfilhos com altura de até 1,5 m (OURIVES et al., 2010). É considerada uma forrageira com característica de grande adaptabilidade a diferentes tipos de solo e clima (TIMOSSI et al., 2007).

As áreas com a utilização de braquiárias apresentaram expansão a partir dos anos de 1960, para atender a crescente demanda do país por produtos de origem animal. Entretanto, havia a perda gradual da capacidade produtiva dessas pastagens, principalmente em áreas de baixo nível tecnológico (TAVARES FILHO; FERREIRA; FERREIRA, 2011). Capins do gênero *Urochloa* são os mais cultivados no país. Partindo-se da informação de que no Brasil existem cerca de 200 milhões de hectares de pastagens, e que 20% dessa área é constituída de pastagens degradadas apenas do gênero *Urochloa*, esta degradação passa a ser um fato considerável devido ao prejuízo econômico na produção (QUADROS et al., 2014; BONFIM-SILVA, 2011).

Normalmente no Brasil, ocorre a degradação dos solos, conseqüentemente apresentam baixos índices médios de produtividades das braquiárias, conseqüentemente deve haver maiores cuidados por parte dos produtores e dos profissionais. O manejo inadequado das pastagens conduzem à degradação do solo, levando a limitações tanto pela compactação como pela perda da fertilidade. A degradação de pastagem é o processo evolutivo da perda de vigor, produtividade e capacidade de sua recuperação natural, tornando-a incapaz de sustentar a produção e qualidade exigida pelos animais, e como também para superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas daninhas (CAVALLINI et al., 2010).

### 3.5.3 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é o quinto cereal mais cultivado no mundo, após o trigo, arroz, milho e cevada, sendo semeado em várias regiões tropicais e subtropicais. É uma cultura que se destaca por apresentar grande tolerância ao estresse hídrico quando comparado a outras, o que explica o seu

cultivo, em milhões de hectares, em países na África, Ásia, Oceania e nas Américas. A área cultivada com sorgo no Brasil é bastante expressiva, atingindo 731 mil hectares na safra 2013/14 (MENEZES, 2015).

Existem diferentes tipos de sorgo, o granífero, o sacarino, o vassoura, entretanto o granífero é o que apresenta a maior expressão econômica e maior disponibilidade de híbridos no mercado de sementes, representando 70% do sorgo cultivado no país (EMYGDIO et al., 2016).

Estudos de Galvão et al. (2015) com sistema de plantio direto e convencional no cultivo do sorgo, constataram que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no tecido foliar foram maiores no plantio direto, sendo que o sorgo cultivado neste sistema apresentou maior produção de matéria seca da parte aérea.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é um dos cereais mais cultivados em todo mundo, sendo o quinto cereal mais cultivado no mundo, após o trigo, arroz, milho e cevada, sendo semeado em várias regiões tropicais e subtropicais. É uma cultura que se destaca por apresentar grande tolerância ao estresse hídrico quando comparado a outras, o que explica o seu cultivo, em milhões de hectares, em países na África, Ásia, Oceania e nas Américas. A área cultivada com sorgo no Brasil é bastante expressiva, atingindo 731 mil hectares na safra 2013/14 (MENEZES, 2015).

O sorgo se destaca como ótima alternativa para uso na forma de grãos, forragem verde ou silagem. Por ser uma cultura que apresenta alto rendimento de matéria seca em relação a outras gramíneas, a maior resistência à períodos de seca e a menor exigência quanto a fertilidade do solo, além da possível utilização da rebrota das plantas. Normalmente o sorgo é cultivado no período da safrinha, após o cultivo de verão, desta forma, o sucesso na produção de alto rendimento nesta época, está associado principalmente, a dependência direta das condições climáticas da região, devido ao fator preponderante da disponibilidade hídrica, da capacidade de armazenamento de água do solo (SILVA et al., 2006).

#### 3.5.4 Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma das mais importantes e tradicionais do Brasil, sendo que a área prevista a ser plantada no ano de 2016 é de 58,15 milhões de hectares, crescimento de 0,4% se comparada com a safra 2014/15, sendo que a

produção total (milho primeira e segunda safras) deve ser de 76,2 milhões de toneladas. A produtividade estimada é de 4.794 kg ha<sup>-1</sup> para a primeira safra e 4.398 kg ha<sup>-1</sup> para a segunda safra (CONAB, 2016).

Entre os muitos fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura do milho, destacam-se a interferência das plantas daninhas e o manejo ineficiente destas (GALON et al., 2011).

A produção de milho no Brasil tem destaque como sendo o terceiro produtor mundial, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e pela China. Dentre os cereais mais cultivados no Brasil o milho é o mais expressivo. Por suas características fisiológicas a cultura do milho tem alto potencial produtivo, atingindo produtividade superior a 16 t ha<sup>-1</sup>, entretanto, a produtividade brasileira fica bem abaixo deste valor (CONAB, 2016).

A produção do milho no Brasil é dividida em duas épocas de plantio, sendo que os plantios de verão caracterizam a primeira safra, ocorrendo em período chuvoso e a segunda safra, chamada de “safrinha”, que é plantada quase sempre após a soja precoce (DUARTE, 2007).

No Brasil a produção da cultura do milho vem apresentando aumentos expressivos, decorrentes de fatores como: evolução do sistema de cultivo, disponibilidade de genótipos mais produtivos e adaptados às diversas regiões, mecanização e aumento da área de plantio resultante da área de plantio na safrinha e do avanço da cultura para novas regiões do Centro Oeste e do Nordeste (CONAB, 2016).

Na implantação da cultura do milho, o espaçamento empregado entre linhas não afeta o diâmetro de colmo, o número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e o peso de 100 grãos. Entretanto a altura de plantas, altura de inserção de espiga e produtividade de grãos são parâmetros que podem ser influenciados. Normalmente, a semeadura antecipada da safrinha promove ganho em produtividade, já que esta cultura receberá maiores precipitações ao longo do ciclo produtivo (FARINELLI et al., 2003).

O desenvolvimento e a produtividade do milho em sistema plantio direto são dependentes da relação C/N da palha, e a resposta da cultura do milho à aplicação antecipada de nitrogênio variam em função das doses e épocas destas aplicações (NASCIMENTO et al., 2012).

O milho é um vegetal muito importante para a humanidade, com seu elevado teor nutritivo e também pelas suas formas de utilização na alimentação humana e animal. Entretanto, no caso de baixo nível de produtividade ter sido observados em varias áreas de produção e uma das principais causas é pouca disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio (N) (PEREIRA et al., 2009). Apesar de o N ser um papel fundamental no aumento da produtividade da cultura do milho, este elemento vai causar um aumento no custo de produção (DUETE et al., 2008).

Segundo Machado et al. (1998), os fertilizantes nitrogenados representam 75% dos custos da adubação do milho, que corresponde cerca de 40% dos custos da produção desta cultura. Em virtude da capacidade de liberar substâncias que promovem o crescimento e vai auxiliar as plantas pelo fornecimento de nutrientes, que pode haver os efeitos positivos no desenvolvimento do milho e uma economia na adubação nitrogenada, através da aplicação de produtos biológicos, ou realizar o seu cultivo sucedido a uma espécie leguminosa. Um estudo mostrou que a inoculação das sementes com *Pseudomonas* aumentou significativamente a produtividade média de grãos e o comprimento das espigas de milho (CAVALLET et al., 2000).

De acordo com Lang et al. (2011) o milho apresentou uma resposta de produtividade crescente para o aumento das doses de nitrogênio nas áreas sem pastejo e sem adubação nitrogenada no inverno, no entanto quando há o pastejo é possível alcançar maiores produtividades de milho com menores doses de nitrogênio.

Segundo Soratto et al. (2010) a aplicação de nitrogênio em cobertura no milho proporcionou aumento nos teores de N e S na folha, na altura da planta, diâmetro do colmo, no número de espigas por planta e grãos por espiga, na massa de 1.000 grãos e na produtividade de grãos do milho safrinha, em sucessão à soja, independentemente da fonte utilizada.

### **3.6 Sustentabilidade em solos arenosos**

Os solos arenosos apresentam baixos teores de argila (inferiores a 20%), conferindo baixa capacidade de retenção de água e alta suscetibilidade à erosão. Associados ao baixo teor de argila, também ocorrem baixos teores de

matéria orgânica e nutrientes, o que gera a necessidade de se acumular matéria orgânica no solo para melhorar a estrutura do solo e aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC) e a retenção de água. Isso impõe um grande desafio ao manejo do sistema de produção nessas áreas, para permitir o cultivo de espécies graníferas com rentabilidade satisfatória (FRANCHINI, 2016).

A elevação dos teores de matéria orgânica em solos arenosos é difícil. Além disso, os teores de micronutrientes muitas vezes estão abaixo do nível crítico (MACEDO, 2005). O aumento na quantidade de matéria orgânica do solo é devido ao sequestro de C atmosférico, via fotossíntese, sendo, levando em consideração o ponto de vista ambiental, é muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa. Portanto, é necessário o entendimento da dinâmica da matéria orgânica no solo, somente ocorrerá em estudos que levem em consideração o tempo, pois a evolução dos seus teores no solo e as respectivas interações decorrentes das práticas de manejo adotadas tendem a ser lentas (SOUZA et al., 2010).

No Brasil, com a expansão do cultivo da soja, ela tem sido introduzida em regiões que apresentam solos arenosos e clima tropical, em muitos casos integrada com a pecuária. A demanda da oleaginosa por nitrogênio (N) é suprida através da mineralização da matéria orgânica do solo e pela fixação biológica do N. Normalmente nestes solos, provenientes anteriormente de áreas de pastagem, existe a presença de alta quantidade de palha de poaceas, com elevada relação C/N, que pode aumentar a imobilização temporária do N presente na solução do solo para que ocorra a sua decomposição. Desta forma, nesse ambiente de produção, a utilização de espécies leguminosas pode proporcionar efeitos benéficos para a cultura da soja (BALBINOT JUNIOR et al., 2016).

Solos cultivados em sistema de plantio direto com a sucessão entre trigo e soja por um período de 17 anos, não apresentam diferentes níveis no estoque de carbono do solo quando comparados ao sistema convencional. Este fato evidencia que o sistema de plantio direto, por si só, não contribui de maneira significativa no aporte de sequestro de carbono se o sistema de rotação de culturas não for adequado. Consequentemente, os melhores resultados no aumento do estoque de carbono têm sido obtidos com o sistema de plantio direto em esquema de rotações que envolvam diversidade de culturas, incluindo as espécies leguminosas (AITA; GIACOMINI; CERETTA, 2014).

Uma vez que os sistemas com rotação de culturas podem ter variações na formação de agregados do solo, principalmente de acordo com as diferenças nas espécies de plantas. Sendo que a diferença entre espécies pode estar na qualidade do material orgânico sintetizado pelas raízes das diversas culturas ou na configuração das raízes, especialmente na proporção das raízes laterais (GENNARO et al., 2015).

### **3.7 Atributos biológicos do solo**

As análises biológicas são importantes indicadores da qualidade do solo, pois podem expor o comportamento biológico em resposta às modificações realizadas no manejo da área, desta forma, constitui-se como uma importante ferramenta das variáveis de qualidade do sistema (MENDES; SOUSA; REIS JUNIOR, 2015).

A cobertura vegetal, além de favorecer a atividade de organismos, é responsável pelo aporte de matéria orgânica ao solo que, por meio de sua mineralização, concorre para maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. A manta orgânica é o principal componente de retorno de C ao solo, sendo, portanto, de grande relevância na ciclagem de nutrientes e de carbono. Sua taxa de decomposição depende, entre outros fatores, da qualidade do material, sendo o teor de lignina um aspecto importante (RUIVO et al., 2006).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana do solo. A biomassa microbiana do solo possui um papel fundamental na produtividade e na manutenção de ecossistemas, pois atua como um catalisador das importantes transformações químicas no solo e constitui um reservatório de nutrientes disponíveis às plantas, devido pertencer ao componente lábil da matéria orgânica do solo e possuir atividade influenciada pelas condições bióticas e abióticas. O seu acompanhamento reflete possíveis modificações no solo, podendo ser considerada uma boa indicadora das alterações resultantes do manejo (SOUZA et al., 2006).

Já o sistema plantio direto promove aumento nos teores de carbono do solo, com uma possível redução da emissão dos gases de efeito estufa, sendo um importante instrumento na mitigação das mudanças climáticas, desta forma, com a

menor amplitude térmica do solo, com a maior umidade e a diminuição da utilização de agroquímicos proporcionam condições mais favoráveis a microbiota do solo, caracterizando um ambiente com maior atividade biológica (LIMA et al., 2016).

A análise do CBMS é um parâmetro para a determinação das alterações impostas ao ambiente através da ação antrópica do homem, bem como para avaliar a qualidade do sistema produtivo, já que está ligada às funções ecológicas do ambiente sendo capazes de refletir as mudanças da utilização do solo (FERNANDES et al., 2013). Tendo em vista, que a biomassa microbiana do solo - BMS é responsável pela decomposição bem como a mineralização de resíduos vegetais, influenciando conseqüentemente na dinâmica da matéria orgânica e na disponibilização de nutrientes, o que pode influenciar a produtividade dos ambientes agrícolas (SILVA et al., 2014).

A biomassa microbiana também representa o compartimento central do ciclo do C, do N, do P e do S no solo e pode funcionar como compartimento de reserva desses nutrientes ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. Assim, além dos fatores de ambiente, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados sobre o solo podem alterar consideravelmente a atividade e a biomassa microbiana do solo (SOUZA et al., 2010).

A atividade enzimática do solo exerce um papel de fundamental importância na sustentabilidade agrícola, pois estão diretamente atreladas a inúmeras reações necessárias para o funcionamento do solo (ZATORRE et al., 2011).

A enzima desidrogenase possui um papel importante na oxidação da matéria orgânica, porque atua na transferência de prótons e elétrons, existindo apenas como parte integral de células intactas e não acumulando extracelularmente nos solos. Participa da cadeia respiratória dos microrganismos e está diretamente relacionada ao tipo de solo e às condições de aeração e umidade. O estudo sobre sua atividade pode indicar o potencial do solo para manter os processos biológicos que são essenciais para a fertilidade e sustentabilidade dos solos (BOLOTA et al., 2013; ANDRIGHETTI et al., 2014).

A análise da respiração microbiana é uma forma de estimar o nível de atividade dos microrganismos do solo, a que reflete a velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo ou de algum material a ele adicionado (SEVERINO et al., 2004). A respiração do solo é definida como a soma total de todas as funções

metabólicas nas quais o  $\text{CO}_2$  é produzido, as bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela maior liberação de  $\text{CO}_2$  via degradação da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007).

A respiração basal do solo indica a atividade da biomassa microbiana e também o quociente metabólico expressam a eficiência de diferentes sistemas de manejo. Valores maiores de quociente metabólico indicam que os microrganismos do solo em condições de estresse consomem mais carbono oxidável para sua manutenção (PARTELLI et al., 2012).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

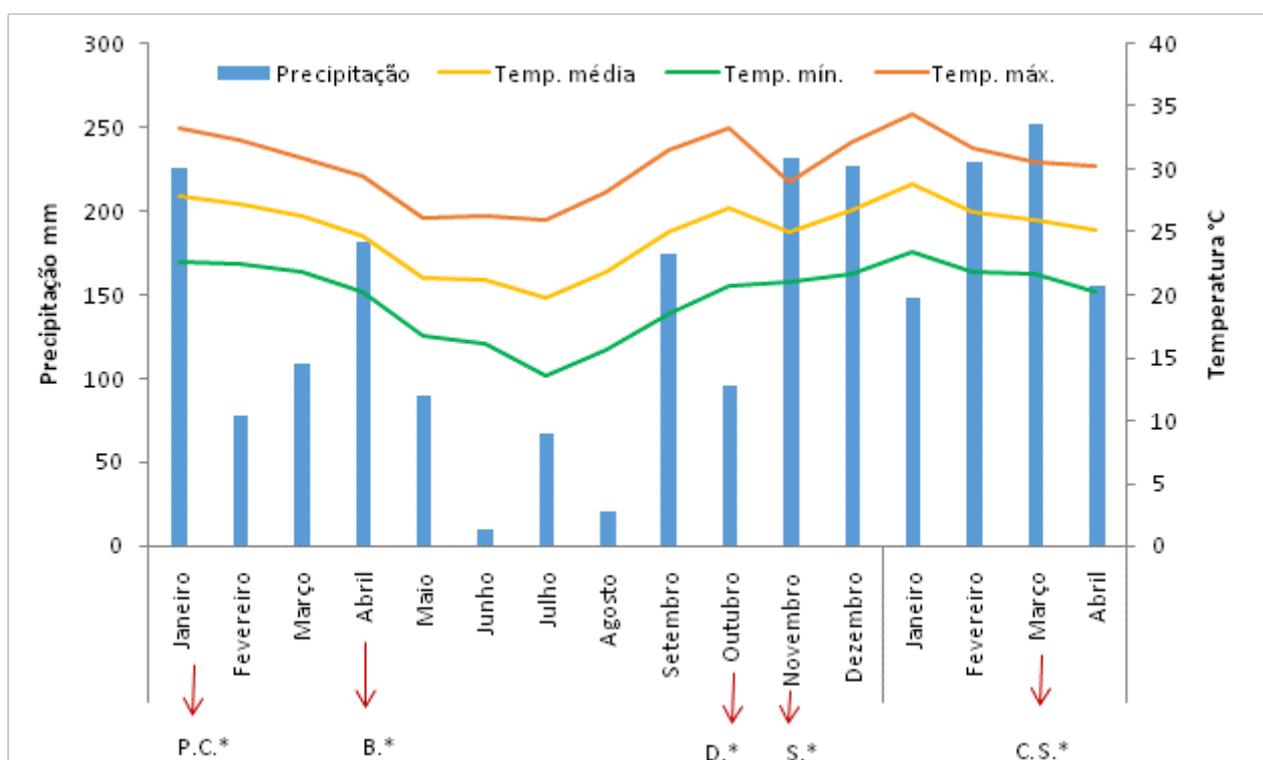
### 4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Unoeste, localizada no município de Presidente Bernardes-SP, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características na camada de 0 – 20 cm de profundidade: pH (CaCl<sub>2</sub>) =5; M.O. (g dm<sup>3</sup>) =17,5; P (mg dm<sup>3</sup>)= 2,9; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>(mg dm<sup>3</sup>)=10,8; Al<sup>3+</sup>(mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)=0; H+Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)=22,9; K, Ca e Mg trocáveis de 2,9, 12,6 e 5,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)=21,4; CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)= 44,3; M% = 0; V% = 48,3. E na camada de 20 – 40 cm de profundidade: pH (CaCl<sub>2</sub>) =4,8; M.O. (g dm<sup>3</sup>) =13,6; P (mg dm<sup>3</sup>)= 1,4; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>(mg dm<sup>3</sup>)=1,4; Al<sup>3+</sup>(mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)=2,1; H+Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)=21,8; K, Ca e Mg trocáveis de 0,5; 10,0 e 5,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)=15,6; CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>)= 37,4; M% = 11,9; V% = 41,7. O solo foi corrigido utilizando 1,2 Mg ha<sup>1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 85%) e 0,7 Mg ha<sup>1</sup> de gesso agrícola.

A localização da área experimental é definida pelas coordenadas geográficas: 22° 28' 25" Latitude Sul e 51° 67' 88 Longitude Oeste, com altitude média de 430 metros e relevo suave ondulado. O experimento foi conduzido de janeiro de 2014 a abril de 2015. O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. A precipitação pluvial média anual é de 1.300 mm.

Os dados mensais referentes às temperaturas e precipitação pluvial foram coletados durante a condução do experimento, e estão apresentados na figura 01.

**Figura 1-** Condições climáticas registrados na condução do experimento durante os anos de 2014 e 2015.



Fonte: IAC Ciiagro online. \*P.C.= Semeadura das plantas de cobertura; \*B.= Colheita das plantas de cobertura e início do pasto de braquiária; \*D= Dessecação da braquiária; \*S.= Semeadura da soja; \*C.S.= colheita da soja.

## 4.2 Delineamento experimental e tratamentos

A área experimental foi proveniente de pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, a qual foi dessecada 30 dias antes da instalação do experimento, utilizando 5 L ha<sup>-1</sup> de glifosato. Quando instalado o experimento a área foi dividida em faixas, sendo, portanto, o delineamento experimental em faixas inteiramente casualizadas. Cada faixa, com área de 10 m x 70 m, foi constituída pela adoção de espécies de cobertura, e utilizadas sete faixas para o cultivo de T1: Milheto cv. ADR 300 (18 sementes m<sup>-1</sup>); T2: Faixa em pousio para a regeneração natural, que posteriormente foi verificada a predominância de braquiária brizantha (Pousio); T3: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sendo semeados 8 kg ha<sup>-1</sup>; T4: Sorgo cv. BRS 655 (15 sementes m<sup>-1</sup>); T5: Milho AG 5055 (5 sementes m<sup>-1</sup>); T6: Feijão guandu anão (22 sementes m<sup>-1</sup>) (Guandu); e T7: Faixa em pousio para a

regeneração natural, que posteriormente foi verificada a predominância de braquiária brizantha. Todas as faixas experimentais receberam adubação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 04-30-10, com exceção do tratamento em pousio para a regeneração natural, que não recebeu nenhum tipo de adubação e o espaçamento entre linhas para todas as faixas de cultivo foi de 0,45 m.

### 4.3 Instalação e condução do experimento

As plantas de cobertura foram semeadas no dia 27/01/2014 e mantidas até o 85º dia após a semeadura (22/04/2014) e posteriormente foram retiradas para a realização da silagem e toda a área do experimento mantida para a regeneração e formação do pasto de braquiária brizantha cv. Marandu e mantida por 160 dias (03/10/2014), em seguida realizou-se a dessecação da pastagem utilizando 5 L de glifosato por hectare, 50 dias antes da semeadura da soja.

A cultivar utilizada na semeadura da soja foi a Potência RR, a qual foi semeada em 24 de novembro de 2014, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. O tratamento de semente foi realizado, com Fipronil e Metalaxil-M + Fludioxonil nas dosagens de 300 ml e 500 ml ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A adubação de semeadura foi com a utilização de 250 kg ha<sup>-1</sup>, usando-se a formulação 04-30-10. O equipamento utilizado para aplicação das doses inoculante líquido foi acoplado ao cabeçalho da semeadora, o mesmo possui tanque com capacidade de 200 litros com agitação constante, proporcionando uma melhor homogeneização da solução bacteriana. A liberação do inoculante foi realizada no momento em que a semeadora tocava o solo e inicia o processo de semeadura, desta forma ocorre a injeção da solução em todos os sulcos de semeadura ao mesmo tempo, sem ficar falhas de aplicação. Esta solução foi aplicada na dose de 50 L ha<sup>-1</sup>, a dosagem de inoculante aplicada foi de oito doses do produto Masterfix L, que continha as estirpes: SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) com 5 bilhões de células viáveis ml<sup>-1</sup>.

O controle das plantas daninhas foi realizado no dia 13/12/2014, com a utilização do produto glifosato, na dose de 3,5 L ha<sup>-1</sup>, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Na mesma aplicação ocorreu o controle de lagartas desfolhadoras (Lagarta da soja - *Anticarsia gemmatalis* e Falsa Medideira - *Chrysodeixis includens*) com a

utilização de Metomil e Lufenuron, nas doses de 1 L ha<sup>-1</sup> e 150 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O controle de lagartas desfolhadoras, ocorreu novamente com aplicação de Metomil e Lufenuron, nas doses de 1 L ha<sup>-1</sup> e 150 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente, no dia 07/01/2015, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. No dia 14/01/2015 aplicou-se Flubendiamida, com dose de 80 mL ha<sup>-1</sup>, e volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>.

Houve a aplicação de Trifloxistrobina, no dia 02/02/2015, com dose de 400 mL ha<sup>-1</sup> para controle da ferrugem da soja. Realizando na mesma aplicação o controle de lagartas com Clorpirifós, com dose de 1 L ha<sup>-1</sup>. E para controle de percevejos (Percevejo-marrom - *Euchistus heros*; Percevejo-verde - *Nezara viridula*) Flubendiamida, com dosagem de 80 mL ha<sup>-1</sup>, e volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>.

Aplicou-se no dia 11/02/2015 os produtos Clorpirifós (controle de lagartas), com dose de 1 L ha<sup>-1</sup>. E o produto Flubendiamida (controle da lagarta *Anticarsia gemmatalis* e percevejos *Euchistus heros* e *Nezara viridula*), com dose de 80 mL ha<sup>-1</sup>, e volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>.

Para o controle da lagarta *Anticarsia gemmatalis*, aplicou-se no dia 20/02/2015 o ingrediente ativo Lufenuron e Profenofós, com dosagem de 400 mL ha<sup>-1</sup>, combinado com o produto Flubendiamida com dose de 60 mL ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 220 L ha<sup>-1</sup>.

Utilizou-se no dia 27/02/15, Deltametrina e Tiametoxan, com dosagem de 200 mL ha<sup>-1</sup> e 200 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e volume de calda de 300 L ha<sup>-1</sup> para controle da lagarta *Anticarsia gemmatalis* e do percevejo *Nezara viridula*

## 4.4 Avaliações

### 4.4.1 Matéria verde das plantas de cobertura e análise de tecido vegetal

Para a determinação da matéria verde da parte aérea das plantas de cobertura foram coletadas aos 85 dias após a semeadura das mesmas, todas as porções de planta contida em uma área de 0,15 m<sup>2</sup> (quatro repetições). A coleta foi de forma aleatória dentro da área útil dos tratamentos. Após a coleta as plantas foram secadas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 60-70°C, até atingir massa constante, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey e

as amostras encaminhadas para o laboratório de solos e tecido vegetal para a análise nutricional de tecido vegetal, conforme a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

#### 4.4.2 Matéria verde e seca da braquiária e análises de tecido vegetal

Para a determinação da matéria verde da parte aérea da braquiária *brizantha* cv. Marandu, cultivada em área total do experimento aos 155 dias, foram coletadas todas as porções da pastagem contida em uma área de 0,15 m<sup>2</sup> (quatro repetições). A coleta foi de forma aleatória dentro da área útil dos tratamentos. Após a determinação da matéria fresca, as plantas foram secadas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 60-70°C, até atingir massa constante (determinação matéria seca). Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, foram encaminhadas para o laboratório de análises bromatológicas para realização da análise de nitrogênio, teor de proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose, conforme as metodologias descritas por Kjeldahl (1984), e Van Soest (1967) e outra parte das amostras encaminhadas para o laboratório de solos e tecido vegetal para a análise de composição química dos tecidos vegetais segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

#### 4.4.3 Análise química do solo

Foi realizada amostragem do solo de cada tratamento após a colheita da soja em abril de 2015, em quatro pontos, para após homogeneização, extraíndo uma alíquota de 500 g, para a constituição de uma amostra, sendo coletadas quatro amostras de cada tratamento, nas camadas de 0 a 10 cm e destinadas para as análises microbiológicas, no laboratório de microbiologia da Unoeste, e nas camadas de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 20 cm e de 20 a 40 cm, para a realização da análise química de fertilidade, encaminhadas para o laboratório de análise de solos da Unoeste segundo a metodologia de Raij (2001).

#### 4.4.4 Análises Microbiológicas

O solo retirado após a colheita da soja foi destinado para as análises microbiológicas como carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo, atividade da enzima desidrogenase, respiração basal e quociente metabólico do solo.

##### 4.4.4.1 Análise da Biomassa Microbiana

A análise de biomassa microbiana do solo - BMS foi realizada em duplicata, utilizando a metodologia descrita por Ferreira et al. (1999), onde o solo foi seco em estufa com ventilação a 30° C por 24 horas, após este processo as amostras foram passadas em peneira de 2,0 mm de malha. Depois foram pesadas em erlenmeyer de 250 mL, 2 amostras de 50 g de cada parcela, foram reumedecidas com 3 mL de água destilada para atingir aproximadamente 25% da capacidade de campo de um solo arenoso (REICHARDT, 1987), agitadas para uniformizar a distribuição da umidade e colocada 1 amostra de cada tratamento para irradiar no microondas por 70 segundos, tempo obtido pela fórmula:

$$T = r \cdot m_t / P$$

Onde:

T= tempo real de exposição das amostras ao microondas.

R = 800J g<sup>-1</sup> de solo, quantidade de energia necessária para exposição;

m<sub>t</sub>= Massa total das amostras a serem irradiadas em gramas;

P = Potência real do aparelho em W.

A potência real do aparelho foi calculada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{C_p \cdot K \cdot \Delta t \cdot m}{T}$$

Onde:

P = Potência real do aparelho em W;

C<sub>p</sub> = 1 J ml<sup>-1</sup> °K<sup>-1</sup>, capacidade da água de receber calor;

K = 4,184, fator de correção de cal m<sup>-1</sup> ° K<sup>-1</sup> para watts (J s<sup>-1</sup>);

Δt = Variação de temperatura em °C de 1 L de água em 2 minutos de exposição;

$m = 1000\text{g}$ , massa da água em gramas;

$t = 120\text{s}$ , tempo de exposição da água ao microondas

As amostras irradiadas e não – irradiadas foram submetidas à extração com 50mL de Sulfato de Potássio -  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ) por 30 minutos, em agitador rotatório circular. Foram então deixados para decantar e filtrados em papel filtro. Deste filtrado, 10 mL foram utilizados para a análise do carbono e 10 mL foram guardados em tubo rosca mantidos sob refrigeração para a análise do nitrogênio da biomassa microbiana, o qual foi realizado segundo Tedesco et al. (1995).

A determinação do Carbono nos extratos irradiados e não irradiados foram feitas utilizando-se 10mL do extrato, oriundo dos 50mL após filtração, e adicionando-se em seguida 2mL de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ ), 10mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e 5mL de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  concentrado. Após o resfriamento foi adicionado 50mL de água destilada.

A titulação foi feita utilizando-se Sulfato Ferroso Amoniacal ( $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ ) com fenil-alanina como indicador.

O C extraído do solo foi calculado pela fórmula:

$$C \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{(V_b - V_a) \cdot N \cdot 1000 \cdot V_{\text{extrator}}}{(\text{volume do extrato} \times \text{massa do solo seco})}$$

Onde:

C = carbono extraído do solo;

$V_b$  = Volume (mL) do  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  gasto na titulação do branco;

$V_a$  = Volume (mL) do  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  gasto na titulação da amostra;

N = normalidade exata do  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ,  $N = 0,677$ ;

$V_{\text{extrator}}$  = Volume de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  utilizado na extração = 50mL;

$V_{\text{extrato}}$  = Volume de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  utilizado para análise = 10mL;

Massa do solo seco em gramas = 50g

O  $C_{\text{mic}}$  é calculado pela fórmula:

$$C_{\text{mic}} \text{ (mg Kg}^{-1}\text{)} = \frac{C_I - C_{\text{NI}}}{K_{\text{ec}}}$$

Onde:

$C_I$  = carbono extraído do solo irradiado

$C_{\text{NI}}$  = carbono extraído do solo não irradiado

$K_{\text{ec}}$  = proporção total do carbono microbiano extraído após irradiação = 0,21 (FRIGHETTO, 2000).

O fator de correção  $K_{ec}$  citados na literatura são muito variáveis (0,21 a 0,45), não havendo um consenso a respeito do valor a ser utilizado. Neste trabalho adotou-se o valor de 0,21 (FRIGHETTO, 2000).

#### 4.4.4.2 Atividade da enzima desidrogenase

A atividade da enzima desidrogenase foi estimada segundo Van Os e Ginkel (2001), foram pesadas 5 g de solo de cada amostra, e estas foram colocadas em tubos de ensaio. Posteriormente, foram adicionados 2 mL da solução T.T.C a 1%, juntamente com 1ml de glicose a 0,1%. Na amostra “branco” foram adicionadas 1mL de glicose a 0,1% e 2 mL de solução tampão tris a 0,1M (pH= 7,6). As amostras foram misturadas em agitador tipo VORTEX e incubadas em tubo de ensaio a 30 °C, por 18h. Após a incubação, foi adicionado 9 mL de metanol em todas as amostras, e logo em seguida, foram filtradas para a realização da leitura no espectrofotômetro em 530nm. Os resultados foram ajustados em curva padrão e expressos na forma de concentração de TTF – formazan ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )

#### 4.4.4.3 Análise da respiração

A avaliação da respiração seguiu a metodologia de Jenkinson e Powlson (1976), com a retirada de 50 gramas de solo, acomodadas em frasco hermético com capacidade para 2 L. Em um béquer com capacidade de 100 mL foi adicionado 10 mL de uma solução de NaOH de  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , para absorver o  $\text{CO}_2$  liberado pelo solo. Após um período de 24, 48 e 120 horas de incubação o béquer foi retirado, adicionando 3 mL de cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$ ) 10%, adicionando o indicador fenolftaleína a 1% em meio alcoólico e titulando com solução de ácido clorídrico HCl ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Os resultados foram expressos em  $\text{mg de C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo hora}^{-1}$ .

#### 4.4.4.4 Quociente metabólico $q\text{CO}_2$

O quociente metabólico é a razão entre o  $\text{C-CO}_2$  liberado pela respiração do solo pelo C na biomassa microbiana, expresso em  $\text{mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS} - \text{C h}^{-1}$  (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

#### 4.4.5 Emergência das plantas

Foi realizado aos 20 dias após a semeadura da soja, contando o número de plantas emergidas em 2 metros lineares em duas linhas de semeadura paralelas, realizado com quatro repetições por tratamento.

#### 4.4.6 Componentes de produção e produtividade da soja

As avaliações realizadas foram em 2 metros lineares, retirando três linhas de plantas, sendo determinado: número de vagens por planta, altura de plantas, peso de cem grãos e estimativa de produtividade, com umidade ajustada para 14%, todas as avaliações foram realizadas com quatro repetições por tratamento.

### **4.5 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação entre médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). E realização da correlação de Pearson dos parâmetros biológicos do solo, bem como os parâmetros bromatológicos da forrageira com a produtividade da soja.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Produção de plantas de cobertura e adubo verde

A área cultivada com sorgo e milho produziram maior quantidade de MV, ultrapassando 35 toneladas de material orgânico por hectare (Tabela 1).

As culturas do milheto e feijão guandu anão, foram responsáveis por um aporte de material orgânico da ordem de 25,11 e 21,73 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já as áreas cultivadas com braquiária o aporte de material orgânico, não ultrapassou 8,5 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo registrados 8,40 Mg ha<sup>-1</sup> na área cultivada com braquiária semeada e 4,04 e 3,76 Mg ha<sup>-1</sup> nas áreas de braquiária regenerada e adubada e na área com braquiária regenerada, respectivamente.

**Tabela 1-** Massa de matéria verde (MV) de plantas de cobertura aos 85 dias após a semeadura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014

Tratamento	MV (Mg ha <sup>-1</sup> )
Milheto	25,11b
Pousio	3,76c
Braquiária Semeada	8,40c
Sorgo	37,86a
Milho	35,43a
Guandu	21,73b
Pousio Adubado	4,04c
F	54,47**
CV(%)	17,02

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Esta diferença encontrada entre os tratamentos se deve ao crescimento das espécies, pois mesmo quando se compara espécies da mesma família, o hábito de crescimento, arquitetura e metabolismo entre as espécies são diferentes, indicando que esta diferença se deu pela comparação de espécies e não por uma comparação de condições iguais entre tratamentos.

Embora a época de avaliação fora realizada de forma igualitária para todas as áreas cultivadas com as espécies de cobertura, aos 85 dias após a

semeadura, este experimento contou nesta fase, com espécies de ciclo anual que fecham rapidamente seu ciclo produtivo e com espécies perenes que levam maior tempo até chegarem a um metabolismo ótimo. E assim conseqüentemente, atingirem a máxima taxa fotossintética e acúmulo de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2009).

É importante quantificar a palhada, ou o material orgânico que a cultura anterior deixará na área para a cultura subsequente, pois isto influenciará em decisões que serão tomadas, como a profundidade do plantio, o manejo de plantas daninhas, medidas como o manejo integrado de pragas e doenças, enfim, é de suma importância que o agricultor possa quantificar a palhada presente em sua área para que a próxima lavoura obtenha eficiência produtiva.

Com a utilização de técnicas conservacionistas, como no caso do não revolvimento do solo, associado a incorporação de carbono orgânico, via adubação verde e adição dos resíduos sobre o solo, proporciona-se a decomposição/mineralização de maneira gradual dos resíduos, conseqüentemente os compostos orgânicos serão liberados no sistema promovendo a estabilidade e formação dos agregados do solo (BAYER et al., 2011).

Os teores amostrados na parte aérea das plantas de cobertura para o fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e manganês (Mn), não diferiram entre os tratamentos (Tabela 2).

Os teores de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e boro (B) das plantas de cobertura, foram superiores no feijão guandu anão em relação às demais plantas de cobertura avaliadas (Tabela 2).

Os teores foliares de enxofre (S) das plantas de cobertura foram encontrados os maiores níveis nos tratamentos feijão guandu e milho, diferindo significativamente do tratamento sorgo (Tabela 2).

As maiores concentrações de cobre (Cu) foliar encontradas nas plantas de cobertura foram registradas na Braquiária semeada e no feijão guandu, diferindo significativamente dos valores das culturas de sorgo e milho (Tabela 2).

O maior acúmulo de ferro (Fe) na parte aérea das plantas de cobertura deu-se nas áreas de Pousio e Pousio adubado, diferindo significativamente das áreas de milho e o sorgo. Já para os teores de zinco (Zn) presente na parte aérea das plantas de cobertura, a cultura de braquiária semeada foi superior no acúmulo deste nutriente em relação à cultura do sorgo (Tabela 2).

A quantidade de nutrientes contidos na fitomassa é variável, dependendo da espécie de planta de cobertura utilizada, da fertilidade do solo e das demais condições que afetam o desenvolvimento vegetal. Desta forma, determinar os teores dos nutrientes na palhada das plantas de cobertura e conhecer a sua dinâmica é de vital importância para a manutenção de seus níveis no solo, bem como, auxilia na tomada de decisões a respeito de um programa de adubação, aumentando assim, a eficiência do manejo.

**Tabela 2-** Teor de nutrientes na parte aérea de plantas de cobertura colhidas aos 85 dias após a semeadura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	------(g kg <sup>1</sup> )-----						------(mg kg <sup>1</sup> )-----				
Milheto	12,43 b	2,5	16,9	2,52 b	3,2	1,01 a	4,56 b	14,36 b	52,15 b	52,6	55,67 ab
Pousio	20,50 b	2,9	17,9	1,61 b	2,9	0,83 ab	5,00 b	17,18 ab	133,75 a	58,5	53,15 ab
B. S.	20,90 b	2,7	19,0	2,00 b	3,4	0,88 ab	5,00 b	19,35 a	94,90 ab	70,0	56,73 a
Sorgo	12,26 b	1,7	12,8	1,71 b	3,2	0,40 b	6,00 b	16,08 b	51,18 b	51,1	33,66 b
Milho	14,46 b	2,2	17,4	2,37 b	3,4	0,85 ab	3,18 b	16,52 ab	69,25 ab	46,0	50,27 ab
Guandu	34,65 a	2,9	12,3	7,58 a	2,8	1,12 a	11,68 a	19,35 a	87,51 ab	63,8	49,71 ab
Pousio AD	20,50 b	2,9	17,9	1,61 b	2,9	0,83 ab	5,00 b	17,18 ab	133,75 a	58,5	53,15 ab
F	7,49**	1,50 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	26,04**	0,75 <sup>ns</sup>	3,78**	14,25**	5,96**	3,86**	1,66 <sup>ns</sup>	2,16*
C.V.(%)	41,35	42,06	32,48	43,01	25,87	38,66	35,51	12,01	56,10	31,02	29,70

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade. \* Significativo ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> – Não significativo ao Teste de Tukey.  
B.S.= Braquiária Semeada; Pousio AD= Pousio Adubado.

## 5.2 Produção de braquiária brizantha

Na Tabela 3 estão apresentados a produção de matéria verde e seca (em kg por hectare) do capim cultivado nas áreas sucedendo as plantas de cobertura.

A produção de MV e MS foi superior nas áreas de cultivo anteriormente manejadas com feijão guandu anão e a braquiária semeada, superando as 15 toneladas por hectare de MV nas condições de cultivo (Tabela 3). De forma semelhante, Santos et al. (2011), afirmam que a utilização de espécies leguminosas, antecedendo o cultivo de espécies gramíneas, podem apresentar maiores taxas de crescimento da gramínea, principalmente em função da interação da leguminosa no sistema entre solo-planta, e conseqüentemente elevar a produção.

A quantidade de matéria vegetal adicionada na superfície, com baixa relação C/N, e a quantidade de matéria orgânica acumulada no solo são dependentes das culturas usadas na rotação, podem promover uma maior concentração de matéria orgânica no solo, resultando em ganhos na produtividade da cultura subsequente, como evidenciado neste estudo (BAYER; MIELNICZUK; MARTIN-NETO, 2000; AMADO et al., 2001).

**Tabela 3-** Produção de massa de matéria verde (MV) e seca (MS) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de braquiária brizantha cv. Marandu, sucedendo plantas de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014

Tratamento	MV	MS
	( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	
Milheto	8,83 b	6,18 b
Pousio	6,16 b	4,31 b
Braquiária Semeada	16,75 a	11,50 a
Sorgo	8,75 b	6,12 b
Milho	9,08 b	6,35 b
Guandu	18,50 a	12,42 a
Pousio Adubado	10,25 b	7,17 b
F	19,23**	14,01**
C.V.(%)	18,70	20,95

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os teores foliares de fósforo (P), cálcio (Ca), boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe) na braquiária, não diferiram entre as áreas manejadas anteriormente com plantas de cobertura (Tabela 4).

Já os teores de potássio (K), foram superiores na área cultivada previamente com milho, que não difere significativamente das áreas cultivadas anteriormente com pousio adubado, sorgo, feijão guandu e de braquiária semeada (Tabela 4).

Ao analisarmos os teores de magnésio (Mg), bem como os teores de enxofre (S), os maiores níveis destes elementos nas folhas de braquiária brizantha cv. Marandu foram observados no tratamento manejado com o pousio adubado, e os menores teores na área de pousio, diferindo significativamente entre si.

Os maiores teores de manganês (Mn) foram observados no tratamento pousio, e os menores teores no tratamento conduzido com o milheto, como planta de cobertura (Tabela 4).

Nos resíduos vegetais incorporados no sistema, estão presentes os macro e micronutrientes nas formas orgânicas lábeis, como o nitrogênio, que após a sua mineralização torna-se prontamente disponível para as culturas subseqüentes, estima-se que 60 a 70% do nitrogênio e 77% do fósforo estão disponíveis para as culturas subseqüentes, ou no caso do potássio, que não está ligado a nenhum outro composto vegetal, na sua forma iônica ( $K^+$ ) sendo liberado de maneira mais rápida no sistema, pode ser aproveitado em sua totalidade pela cultura subseqüente, sendo portanto o nutriente em que o prazo de implantação das culturas sucessoras deve ser mais curto possível, visando diminuir suas perdas (PERIN et al., 2004; SPAIN, SALINAS, 1985).

Em condições de clima tropical, como a área em que este experimento foi conduzido, a velocidade de decomposição dos resíduos é rápida, mesmo quando deixados na superfície do solo. Portanto, não devem ser incorporados os resíduos de plantas de cobertura ao solo, para que os nutrientes sejam liberados em sincronia com a demanda das culturas de grãos. Este fato é relevante, pois possibilita conciliar o interesse da conservação do solo com os da fertilidade e nutrição de plantas (AMADO et al., 2014).

**Tabela 4-** Teor foliar de macro e micronutrientes na parte aérea de braquiária brizantha cv. Marandu, sucedendo plantas de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014.

Tratamento	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (g kg <sup>1</sup> )-----					----- (mg kg <sup>1</sup> )-----				
Milheto	2,0	10,25 b	4,0	4,00 ab	1,00 ab	2,2	11,7	579,5	50,00 c	26,50 bc
Pousio	1,2	6,50 b	3,2	2,75 b	0,50 b	3,2	17,0	374,2	98,25 a	42,00 ab
B.S.	2,5	13,75 ab	3,2	4,25 ab	1,00 ab	4,2	15,5	1049,7	57,75 bc	30,25 abc
Sorgo	2,0	15,75 ab	4,2	4,50 ab	1,00 ab	1,7	20,7	590,7	70,75 abc	43,50 a
Milho	6,7	27,75 a	4,5	4,00 ab	1,00 ab	2,2	41,0	402,5	74,75 abc	24,50 c
Guandú	1,7	14,00 ab	3,7	4,00 ab	1,00 ab	2,0	15,5	467,7	72,75 abc	17,50 c
Pousio AD	2,0	20,25 ab	4,5	4,75 a	1,25 a	3,2	19,5	883,7	88,50 ab	31,75 abc
F	1,01 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>**</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	2,23 <sup>*</sup>	2,42 <sup>*</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	3,98 <sup>**</sup>	7,21 <sup>**</sup>
C.V.(%)	138,86	46,52	37,23	21,12	29,94	74,77	77,52	67,52	22,67	22,54

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade. \* Significativo ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade . NS – Não significativo ao Teste de Tukey.  
B.S.= Braquiária Semeada; Pousio AD= Pousio Adubado

O teor de nitrogênio no tecido da braquiária brizantha cv. Marandu, em cultivo sucedendo as plantas de cobertura foi maior quando a forrageira foi cultivada após o feijão guandu anão, ganhos estes que são dobrados quando comparados com a área de pousio ou até mesmo quando o pousio foi adubado (Tabela 5).

Os teores de proteína bruta nas folhas da forrageira, provenientes das áreas cultivadas com plantas de cobertura denotam que a braquiária brizantha cv. Marandu cultivado sobre área de feijão guandu apresenta maior teor de proteína em seus tecidos, da ordem de 14% de proteína, seguido da área de braquiária semeada (10% de proteína bruta), não diferindo entre si. O menor teor de proteína bruta nos tecidos da forrageira foram encontrados na área proveniente de milho e pousio, com 8 e 4,75%, respectivamente (Tabela 5).

Por outro lado, as análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), indicam que a braquiária cultivada sobre a área de pousio foi responsável pelo maior acúmulo de FDN e FDA em seus tecidos. Não houve diferença significativa para a hemicelulose presente nas folhas de forrageira (Tabela 5).

As fibras em comum, contidas em FDN e FDA, são basicamente a celulose e lignina, além de alguns traços de proteínas aderidos em sua estrutura. A lignina, em função de seu tamanho e complexidade química, é reconhecida como uma substância recalcitrante, sendo assim, altamente resistente à decomposição microbiana. Por isso, normalmente, a taxa de decomposição dos resíduos culturais correlaciona-se negativamente com a sua concentração de lignina, conseqüentemente resíduos pouco lignificados apresentam pouca persistência no sistema e elevada taxa de degradação (RUTIGLIANO et al., 1996).

No solo, relativamente poucos microorganismos, com destaque para alguns fungos aeróbios, são capazes de degradar a lignina, considerada um dos principais compostos precursores do húmus. Desta forma, quanto maior a concentração de lignina em uma espécie de planta de cobertura, maior também deverá ser a sua contribuição ao acúmulo de matéria orgânica do solo, bem como a persistência na área (AITA; GIACOMINI; CERETTA, 2014).

Os resíduos de plantas leguminosas têm grande importância como fornecedores de N, e podem contribuir para a diminuição da acidez do solo e da relação C/N da matéria orgânica. Enquanto, os resíduos deixados pelas gramíneas promovem benefícios ao solo, por apresentarem maior conteúdo de lignina,

possibilitando o aumento nos ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos, favorecendo a estruturação e estabilidade dos agregados do solo, tornando-os menos susceptíveis à compactação, fator este de grande importância para o manejo de solos arenosos, que necessitam da formação de agregados no solo (BASTOS et al., 2005; SALTON et al., 2008).

**Tabela 5-** Composição químico-bromatológica de braquiária brizantha cv. Marandu, 155 dias após a colheita de plantas de cobertura e leguminosa, no município de Presidente Bernardes, SP, 2014

Tratamento	N	Proteína	FDN	FDA	Hemicelulose
(%)					
Milheto	1,25 ab	8,00 bc	73,00 b	35,75 bc	37,0
Pousio	1,00 b	4,75 c	82,00 a	48,25 a	33,7
B.S.	1,75 ab	10,50 ab	63,50 c	29,75 d	33,7
Sorgo	1,25 ab	9,25 b	68,00 bc	32,25 bcd	35,7
Milho	1,75 ab	10,25 b	65,00 c	30,75 cd	34,5
Guandu	2,00 a	14,50 a	72,00 b	36,75 b	35,0
Pousio AD	1,00 b	9,75 b	68,00 bc	32,75 bcd	34,7
F	4,50**	10,44**	23,36**	24,55**	2,06 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	26,46	18,94	3,66	7,21	4,59

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade. NS – Não significativo ao Teste de Tukey. B.S.= Braquiária Semeada; Pousio AD= Pousio Adubado

O maior acúmulo de matéria seca (MS) da braquiária brizantha deu-se nas áreas precedidas por feijão guandu anão e braquiária semeada, ultrapassando 10 Mg ha<sup>1</sup>, para as faixas manejadas sucedendo o milheto, pousio, braquiária semeada e guandu o maior acúmulo de macronutrientes primários, foram do nitrogênio, seguido de potássio e fósforo, enquanto que nas áreas sucedendo o sorgo, milho e pousio adubado o maior acúmulo foi de potássio, nitrogênio e fósforo.

Quando se utilizam plantas que expandem seu sistema radicular para horizontes profundos do solo, como os adubos verdes, elas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo. Após o corte dessas plantas, ocorre então a liberação gradual dos nutrientes para a camada superficial, através da decomposição dos resíduos, tornando-os disponíveis para culturas subsequentes (ESPINDOLA et al., 2006), como ocorreu com a forrageira sucedendo as plantas de cobertura, os teores dos nutrientes encontrados em seus tecidos foliares, foram superiores com a utilização dos adubos verdes (Tabela 4), entretanto esta maior disponibilização nutricional da braquiária, não propiciou diferenças nos níveis amostrados no solo (Tabela 6).

A adoção do manejo da adubação verde pode apresentar vários benefícios aos sistemas de produção, como por exemplo, incrementar o aporte de matéria orgânica na superfície do solo (AMBROSANO et al., 2013), a reciclagem de nutrientes, aumentando os teores nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (CALEGARI, 2006), entretanto, não foi evidenciado neste estudo o aumento nos níveis de matéria orgânica em nenhuma camada de solo, bem como dos nutrientes, com exceção dos níveis de enxofre, que aumentaram na camada de 10 à 20 cm de profundidade (Tabela 6).

Cherr et al. (2006) indicam que o nitrogênio do adubo verde pode ser absorvido mais eficientemente que o do fertilizante, sendo que os adubos verdes modificam o ambiente do solo, estimulando o crescimento da planta, ou ambos, de maneira que torna possível a maior absorção de N pela cultura, este fato é evidenciado quando analisamos os teores de nitrogênio e posteriormente convertidos em proteína bruta da forrageira (Tabela 5), e na análise dos teores de carbono e nitrogênio presentes na biomassa microbiana (Tabela 8).

### **5.3 Atributos químicos do solo**

Não houve influência dos tratamentos para os teores de nutrientes (Tabela 6), com exceção do elemento enxofre na camada de 10 - 20 cm de profundidade, onde a concentração deste nutriente foi maior nos tratamentos manejados anteriormente com as culturas de milho e feijão guandu anão, do que o pré cultivo com braquiária semeada (Tabela 7).

**Tabela 6-** Resultado da análise química de solo coletado nos perfis amostrados, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.

Profundidade	F.V.	G.L	pH	M.O	P	S-	Al <sub>3</sub> <sup>+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	M	V
			(CaCl <sub>2</sub> )	(g dm <sup>3</sup> )	(mg dm <sup>3</sup> )	------(mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )-----							(%)		
0-5cm	TRAT.	6	2,5 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>
	C.V.(%)	-	7,83	15,79	49,35	49,48	305,51	22,16	22,01	38,09	53,38	38,16	24,70	315,28	18,63
5-10cm	TRAT.	6	1,1 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
	C.V.(%)	-	2,50	23,07	42,20	56,04	183,30	15,94	24,56	80,65	37,19	57,62	30,49	199,47	22,18
10-20cm	TRAT.	6	1,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	3,96 <sup>**</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>
	C.V.(%)	-	5,35	14,69	60,95	56,61	100,57	12,90	38,12	51,14	31,98	40,46	15,17	112,94	24,29
20-40cm	TRAT.	6	0,5 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
	C.V.(%)	-	7,78	27,21	104,76	66,14	90,77	15,51	26,07	67,62	35,14	51,49	15,77	92,74	34,62

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> – Não significativo ao Teste de Tukey.

F.V.: Fator de Variação

G.L.: Grau de liberdade

C.V.: Coeficiente de variação

**Tabela 7-** Teor de enxofre presente na camada de 10 - 20 cm de profundidade, em áreas manejadas anteriormente com plantas de cobertura, braquiária brizantha cv. Marandu e soja, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015.

Tratamento	S-SO <sub>4</sub> <sup>2</sup> (mg dm <sup>3</sup> )
Milheto	3,25 ab
Pousio	2,00 ab
Braquiária semeada	0,25 b
Sorgo	1,75 ab
Milho	4,25 a
Guandu	4,25 a
Pousio adubado	2,25 ab
F	3,96**
C.V.(%)	56,61

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

#### 5.4 Atributos biológicos do solo

O pré-cultivo do feijão guandu apresentou incrementos na concentração de carbono da biomassa microbiana do solo - CBMS, sendo superior em 82% em relação à área cultivada com milheto, 128% da área com pousio, 83% da área com braquiária semeada e 82% da área com o cultivo do milho (Tabela 8).

Os valores do nitrogênio da biomassa microbiana foram superiores no solo cultivado anteriormente com o feijão guandu, em relação aos demais tratamentos, praticamente dobrando os teores no elemento nesse compartimento (Tabela 8).

Os níveis de C microbiológico do solo aumentaram após o cultivo do feijão guandu. De forma semelhante, Duarte et al. (2014) também constataram que o uso da leguminosa crotalária juncea aumentou os valores do carbono microbiano. O manejo do solo é um dos principais fatores que afetam os níveis de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo, mas a utilização de rotação de culturas, principalmente com as espécies leguminosas, contribui e reforça a importância dos

microrganismos na sustentabilidade dos solos agrícolas das regiões tropicais, sendo que a avaliação de carbono e nitrogênio presente na biomassa do solo apresentam grande utilidade nos indicadores de qualidade do solo (FRANCHINI et al., 2006).

Conforme Monteiro e Gama-Rodrigues (2004) a biomassa microbiana funciona como um compartimento reserva de nitrogênio, além de estar relacionado ao estoque de carbono/nitrogênio, disponibilizando o nitrogênio às culturas ao longo do ano, desta forma, é importante que haja uma quantidade adequada deste elemento que é requerido em grandes quantidades pelas plantas, além de promoverem o equilíbrio do sistema (ERNANI et al., 2005). Portanto, em referência ao maior o conteúdo de N presente na biomassa microbiana, mais rapidamente será o processo de sua reciclagem (ANDERSON, 2003).

No caso o cultivo do feijão guandu incrementou os valores da BMS, o que reflete na melhoria da condição biológica do solo avaliado. Desta forma, estes indicativos da biomassa microbiana de carbono e nitrogênio, por apresentarem rápida taxa de ciclagem refletem as mudanças em resposta aos fatores abióticos e as práticas de manejo, antes mesmo que ocorram mudanças nos teores de matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES et al., 2005), reforçando que a BMS representa justamente a parte viva da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008).

Daniel, Tiemann e Grandy (2014), apresentaram que as práticas de rotação com a utilização de culturas de cobertura proporcionam incrementos da ordem de 26% para o nitrogênio e 20% para o carbono presente na BMS, os autores reforçam a importância do manejo rotacional para a melhoria da produtividade através do aumento da biomassa microbiana, tornando uma das principais características para a construção de sistemas sustentáveis de produção.

**Tabela 8** – Matéria orgânica (M.O.), carbono (CBMS) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBMS) da camada de 0 - 10 cm de profundidade, após o cultivo da soja em áreas provenientes do uso de espécies de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015

Tratamento	M.O. g dm <sup>-3</sup>	CBMS - µg g <sup>-1</sup>	NBMS - µg g <sup>-1</sup>
Milheto	17,50	55,09 b	3,34 b
Pousio	16,50	44,04 b	3,11 b
Braquiária semeada	15,50	54,95 b	3,26 b
Sorgo	16,25	64,26 ab	3,11 b
Milho	16,00	55,02 b	3,27 b
Guandu	13,50	100,67 a	7,00 a
Pousio adubado	12,50	77,95 ab	4,28 b
F	1,82 <sup>ns</sup>	4,06*	19,37**
C.V.(%)	17,00	29,28	16,51

<sup>ns</sup> – Não significativo ao Teste de Tukey. \*Significativo ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Na avaliação da atividade enzimática no solo, pode ser observado, valores mais elevados no tratamento com feijão guandu (Tabela 9). Os aumentos foram de quase duas vezes maiores ao encontrado nas áreas cultivadas com milho, pousio, sorgo e pousio adubado.

Assim sendo, a avaliação enzimática utilizada se mostrou responsiva ao cultivo com as espécies empregadas anteriores ao cultivo da soja, sendo que esta avaliação da atividade enzimática microbiana é uma importante ferramenta na detecção de indicadores sensíveis para as mudanças do ambiente, bem como os relacionando com outros parâmetros do solo (ANDRIGHETTI et al., 2014; PAVANELLI; ARAÚJO, 2010).

A atividade desta enzima tem sido usada para avaliação das práticas de manejo, dos materiais depositados no solo, da utilização de pesticidas e da contaminação com metais pesados, demonstrando facilmente a condição do solo em resposta a forma de condução do mesmo (KUMAR; CHAUDHURI; MAITI, 2013).

A respiração basal do solo - RBS foi estimulada nas áreas com espécies de cobertura, com destaque para o tratamento com feijão guandu. Contudo o quociente metabólico do solo,  $qCO_2$ , não sofreu influência das espécies de

cobertura utilizadas (Tabela 9). Isto demonstra que o aumento da respiração no tratamento com o feijão guandu, foi decorrente do aumento da biomassa microbiana e não como uma condição estressante que provocou uma maior degradação da matéria orgânica do solo. A utilização do quociente metabólico, que se refere à razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana, que é utilizada para estimar a eficiência do uso do substrato pelos microrganismos do solo, expressam que menores valores de  $qCO_2$  indicam agroecossistemas mais estáveis (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004), desta forma, a utilização do feijão guandu que apresentou maior RBS, foi mais eficaz se igualando as demais espécies de cobertura na eficiência do uso do substrato

A respiração ocorre com a liberação de  $C-CO_2$  do solo, indicando a intensidade em que os processos bioquímicos acontecem, mas, a interpretação deve ser feita com cautela, já que esta liberação nem sempre indicam condições favoráveis. Em curto período há disponibilização de nutrientes, em longo prazo perda de carbono orgânico para a atmosfera, conseqüentemente, altos valores de respiração indicam situações de alta produtividade do sistema quanto a situações de distúrbios (PÔRTO et al., 2009), sendo verificado no presente estudo, que menores taxas de respiração basal do solo, resultaram em maiores produtividades obtidas pela cultura da soja (Tabela 13).

**Tabela 9** – Atividade da enzima desidrogenase ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico do solo ( $q\text{CO}_2$ ), na profundidade de 0-10 cm, após o cultivo da soja em áreas provenientes do uso de espécies de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015

Tratamento	Desidrogenase - $\mu\text{g g}^{-1}$	RBS mg de C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo hora <sup>-1</sup>	$q\text{CO}_2$ - mgC-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> BMS – C h <sup>-1</sup>
Milheto	2,21 b	3,61 ab	1,69
Pousio	2,22 b	2,71 bc	1,23
Braquiária semeada	3,18 ab	2,19 c	0,72
Sorgo	2,24 b	2,59 bc	1,62
Milho	3,04 ab	2,73 bc	0,93
Guandu	4,33 a	3,90 a	0,92
Pousio adubado	2,15 b	2,64 bc	1,26
F	4,21*	6,79**	2,43 <sup>NS</sup>
C.V.(%)	28,58	16,09	39,15

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade. \*Significativo ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo ao Teste de Tukey.

Segundo Amado et al. (2014), os teores mais elevados de qualidade do solo, foram atingidos quando houve a utilização do sistema de plantio direto com o emprego de adubos verdes com destaque para as leguminosas tropicais, entre elas a mucuna e o feijão guandu, entretanto, as taxas mais baixas de qualidade do solo foram mensuradas quando houve monitoramento do solo descoberto, ou em pousio.

A região do Oeste Paulista é caracterizada por solos arenosos, baixa atividade biológica, com predomínio de cultivo de gramíneas, sendo que os ganhos na propriedade biológica do solo devem ocorrer para aumentar a produtividade das culturas, através do manejo, práticas de cultivo e utilização de insumos (PAVANELLI; ARAUJO, 2010).

Conseqüentemente, a utilização de espécies leguminosas, exercem um papel importante como fornecedoras de nutrientes para o sistema de plantio direto, já que estas plantas disponibilizam nutrientes prontamente disponíveis para as culturas sucessoras, devido à alta decomposição de seus resíduos (SILVEIRA et al., 2010).

Segundo Silveira et al. (2005), a capacidade essencial para a produção agrícola dos solos está íntima e diretamente relacionada com seus teores de matéria orgânica e de nitrogênio; entretanto, é difícil manter um nível satisfatório de ambos principalmente na região do oeste do estado de São Paulo, com solos arenosos e suscetíveis a veranicos. Conseqüentemente, os métodos de adição e de manutenção de matéria orgânica e nitrogênio, especialmente com a utilização de espécies leguminosas ao sistema devem ser considerados com um recurso importante em todos os programas de manejo destes solos (NEGREIROS; MORAES; FERNANDES, 2008).

### **5.5 Componentes de produção e produtividade da soja**

Não houve efeito dos tratamentos no “*stand*” de plantas. Com população média de 155.555,55 plantas por ha<sup>1</sup> (Tabela 10).

A maior produtividade da soja foi obtida na área cultivada anteriormente com feijão guandu, seguida de braquiária semeada, não diferindo significativamente entre si, e ambas foram maiores que a produtividade obtida na área de pousio (Tabela 10). Como foi evidenciado neste estudo, as áreas que apresentaram maior acúmulo de matéria seca e teores de nutrientes na palhada de braquiária (Tabelas 3, 4 e 5) antecedendo o cultivo da soja, foram as mesmas áreas onde houve aumento na atividade microbiológica do solo (Tabelas 8 e 9), corroborando com Souza et al., (2010), além dos fatores de ambiente, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados sobre o solo podem alterar consideravelmente a atividade e a biomassa microbiana do solo, sendo que a manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica.

As variáveis peso de 100 grãos, e altura de plantas de soja não apresentaram diferença significativa entre os manejos empregados com plantas de cobertura (Tabela 10).

O número de vagens por planta de soja foi superior na área cultivada anteriormente com a leguminosa feijão guandu, em relação aos demais tratamentos (Tabela 10), evidenciando que o aumento de produtividade da soja foi devido ao maior número de vagens neste tratamento.

**Tabela 10-** População de soja aos 20 dias após a semeadura e componentes de produção, sucedendo plantas de cobertura e braquiária brizantha cv. Marandu, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015

Tratamento	Plantas m <sup>2</sup>	Altura de plantas (cm)	Número de vagens (planta <sup>1</sup> )	Peso de 100 grãos (g)	Produtividade (Kg ha <sup>1</sup> )
Milheto	28,0	94,5	98,7 cde	19,5	3.930 bc
Pousio	28,3	94,2	88,0 e	19,5	3.510 c
Braquiária semeada	28,3	93,7	115,0 b	18,0	4.520 ab
Sorgo	28,1	95,7	102,5 bc	19,7	4.070 bc
Milho	28,0	93,7	108,0 bc	19,5	4.300 bc
Guandú	28,5	95,5	136,0 a	19,5	5.320 a
Pousio adubado	27,8	95,5	94,0 de	19,5	3.720 bc
F	0,189 <sup>ns</sup>	0,194 <sup>ns</sup>	43,21 <sup>**</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	9,57 <sup>**</sup>
C.V.(%)	4,72	4,12	4,56	5,95	9,27

\*\* Significativo ao Teste de Tukey a 1% de probabilidade. NS – Não significativo ao Teste de Tukey.

## 6 CONCLUSÕES

A produtividade da soja apresentou incremento na área pré-cultivada com feijão guandu.

Os atributos biológicos foram influenciados significativamente pelo cultivo de plantas de cobertura, sendo que o pré-cultivo com feijão guandu destacou-se na melhoria de tais atributos.

As espécies utilizadas como plantas de cobertura não alteraram os atributos químicos do solo, com exceção do enxofre em profundidade de 10 – 20 cm.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. et al. Consumo, composição botânica e valor nutritivo da dieta de bovinos em pastos tropicais consorciados sob três taxas de lotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 29-35, 2003.
- ALVES, S. M. C. et al. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, 2004.
- ALVES, R. G.; SILVA, A. M. Revisão de alguns modelos de potencial de produção dos capins tropicais. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.
- AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p.189-197, 2001.
- AMADO, T. J. C. Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In: LIMA FILHO et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil fundamentos e prática**. Embrapa, 2014. v.2. p. 81-123.
- AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária júncea e mucuna-preta com <sup>15</sup>N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, v. 56, n. 1, p. 219-224, 1997.
- AMBROSANO, E. J. et al. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, 2013.
- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.98, p.285- 293, 2003.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, p. 393-395, 1993.
- ANDRIGHETTI, M. S. et al. Biodegradação de glifosato pela microbiota de solos cultivados com macieira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1643-1653, 2014.
- ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Incorporação de mucuna-preta e de restos culturais de milho antes da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 8, p. 563-568, 1996.
- AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPese**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Nitrogênio mineral na soja integrada com a pecuária em solo arenoso. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 107-113, 2016.

BASTOS, R. S. et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 21-31, 2005.

BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG**, v. 7, p. 55-118, 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 589-607. 2000.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis, Piracicaba**, v. 36, n. 80, p. 317-327, 2008.

BOLOTA, E. L. et al. **Enzimas e seu papel na qualidade do solo**. In: ARAÚJO, A. P.; ALVES, B. J. R. Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.8, p. 189-250, 2013.

BONFIM-SILVA, E. M. et al. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Soja**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

CANTARELA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa: de Sociedade Brasileira Ciência do Solo, 2007. p. 43-60.

CALEGARI, A. **Sequestro de carbono, atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de manejo em um latossolo argiloso do Sul do Brasil**. 2006. 191 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2006..

CASTRO, A. P.; VIANA, J. G. A. Evolução da Produção de Soja no Rio Grande do Sul: Um Comparativo entre Mesorregiões do Estado. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **Anais...** v. 5, n. 2, 2013.

CAVALLET, L. E. et al. Corn productivity in response to nitrogen application and seed inoculation with *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CAVALLINI, M. C. et al. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um Latossolo do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, p. 1007-1015, 2010.

CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; McSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. *Agronomy Journal*, v. 98, p. 302-319, mar/april, 2006.

COELHO, A. M.; PEREIRA FILHO, I. A. **A importância do milho na disponibilização de potássio**. *Campo e Negócios*, 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/925821/1/Importanciamilho.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2013**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_07\\_29\\_15\\_12\\_51\\_boletim\\_graos\\_julho\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_29_15_12_51_boletim_graos_julho_2016.pdf)> Acesso em: 20 jul. 2016.

COSTA, E. G. et al. Rendimento produtivo de linhagens de soja em Uberaba-MG. **FAZU em Revista**, n. 6, p. 11-52, 2009.

DANIEL, M. D.; TIEMANN, L. K.; GRANDY, A. S. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. **Ecological Applications**, v. 24, n. 3, p. 560-570, 2014.

DUARTE, A. P. et al. Plantas infestantes em lavouras de milho safrinha, sob diferentes manejos, no médio Paranapanema. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 285-291, 2007.

DUARTE, I. B. et al. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, v. 3, p. 150-165, 2014.

DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste**. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 12 set. 2015.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste**. 2010. 255p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja; n.14).

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. **Soja em números safra 2014/2015**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

EMYGDIO, B. M. et al. **Avaliação de cultivares de sorgo granífero em solos hidromórficos no RS-Safra 2013/2014**. Embrapa Clima Temperado, 2016. (Circular Técnica - INFOTECA-E)

ERNANI, P. R. et al. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposition and nutrient release of perennial herbaceous legumes intercropped with banana. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.

FARINELLI, R. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.

FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 24, p.171-177, 2000.

FERNANDES, M. M. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansol solteiro e consorciado com gramínea no Sul do Piauí-DOI: 10.5039/agraria.v8i3a2392.**Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 8, n. 3, p. 464-469, 2013.

FERREIRA, A. S. et al. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 991-996, 1999.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FRANCHINI, J. C. et al. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 92, n. 1, p. 18-29, 2006.

FRANCHINI, J. C. et al. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. 2011.

FRANCHINI, J. C. et al. **Integração Lavoura-Pecuária em solo arenoso e clima quente: duas décadas de experiência**. Embrapa, 2016. 12p. (Circular técnica; 118)

FRIGHETTO, R.T.S. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação-extração. In: FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. (coords.). **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. p.157-166.

GALON, L. et al. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, 2011.

GALVÃO, J. R. et al. Adubação potássica em híbridos de sorgo forrageiro cultivados em sistemas de manejo do solo na Amazônia Oriental. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 70-79, 2015.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1521-1530, 2008.

GENNARO, L. A. et al. Soil structure under irrigated beans and different soil management practices. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 608-614, 2015.

GONÇALVES, S. L.; FRANCHINI, J. C. **Integração lavoura-pecuária**. Embrapa Soja, 2007.

IAC - CIIAGRO. Centro Integrado de Pesquisas Agrometeorológicas. **Resenha Meteorológica, 2014 e 2015**. Disponível em <<http://www.ciiagro.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

JAKELAITIS, A. et al. Efeitos de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v. 23, p. 69-78, 2005.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biol. Biochem.**, v.8, p.167-177, 1976.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. 2000.

KUMAR, S.; CHAUDHURI, S.; MAITI, S. K. Soil dehydrogenase enzyme activity in natural and mine soil—a review. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 13, n. 7, p. 898-906, 2013.

LANG, C. R. et al. Integração Lavoura-Pecuária: Eficiência De Uso Do Nitrogenio Na Cultura Do Milho Crop-Livestock Integration: Use Efficiency Of Nitrogen In Corn Culture. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 1, p. 053-060, 2011.

LIMA, C. E. P. et al. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 378-387, 2016.

LOURENZANI, W. L.; CALDAS, M. M. Mudanças no uso da terra decorrentes da expansão da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo. **Ciencia Rural**, v. 44, n. 11, p. 1980-1987, 2014.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 42., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M. et al. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA-TEC-FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, p. 158-181., 2014.

MACHADO, A.T. et al. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.961-970, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **Potafos**, 1997. 319p.

MELLO, D. A.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação econômica do cultivo da soja em rotação e sucessão de culturas: resultados a partir de estudo de caso no município de Ourinhos/SP, na safra 2012/2013. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 280-288, 2015.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 191-209, 2015.

MENEZES, C. B. **Sorgo granífero**: estenda sua safrinha com segurança. Embrapa Milho e Sorgo-Documents, 2015. (INFOTECA-E)

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbon, nitrogen, and microbial biomass activity in different litter structures of a natural forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 819-826, 2004.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1103-1110, 2004.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H.G. **Plantio direto**: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 144p.

NASCIMENTO, F. M. et al. Efeito da antecipação da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, p. 1-8, 2012.

NEGREIROS, D.; MORAES, M. L. B.; FERNANDES, G. W. Caracterização da fertilidade dos solos de quatro leguminosas de campos rupestres, Serra do Cipó, MG, Brasil. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, v. 8, n. 3, p. 30-39, 2008.

OLIVEIRA, A. C. B.; ROSA, A. P. S. A. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras**, v. 2015, 2014.

OLIVEIRA, F. L. et al. Inibição de crescimento de plantas espontâneas por leguminosas herbáceas perenes na Caatinga Mineira—primeiro ano. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

OURIVES, O.E.A. et al. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.2, p.126-132, 2010.

PACHECO, L. P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 9, p. 1228-1236, 2013.

PARTELLI, F. L. et al. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 43, n. 2, p. 847-864, 2012.

PARTELLI, F. L. et al. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 43, n. 2, p. 847-864, 2012.

PAVANELLI, L. E.; ARAÚJO, F. F. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Ceres**, v. 57, n. 1, p.118-124, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A. **Manejo da cultura do milho**. 2003. EMBRAPA. (Circular Técnica; 29). Disponível em:  
<[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/circular/Circ\\_29.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/circular/Circ_29.pdf)>  
Acessado em: 10 dez. 2014.

PEREIRA, N. S. **Utilização de leguminosas como fonte de nitrogênio para a bananeira**. 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2009.

PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2013.

PEREIRA, W. E et al. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 238-244, 2009.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 35-40, 2004.

PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Ceres**, v. 55, n. 2, p.094-101, 2015.

PÔRTO, M. L. et al. Biological indicators of soil quality in different land use systems in paraiban swamp region, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, 2009.

QUADROS, D. G. et al. Componentes da Produção de Sementes de Duas Cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf nos Cerrados da Bahia. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 19-22, 2014.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. p.157-188.

RUIVO, M.L.P.; BARROS, N.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. Relações da biomassa microbiana do solo com características químicas de frações orgânicas e minerais do solo após exploração mineral na Amazônia Oriental. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, v.1, n.2, p.121-131, 2006.

RUTIGLIANO, F. A. et al. Lignin decomposition in decaying leaves of *Fagus sylvatica* L. and needles of *Abies alba* Mill. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 1, p. 101-106, 1996.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 11-21, jan./fev. 2008.

SANTOS, P. M. et al. Caracterização de pastagens de capim tanzânia e mombaça consorciados com estilosantes em ecótono de transição Cerrado: Floresta Amazônica-DOI: 10.5039/agraria.v6i1a817. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 6, n. 1, p. 163-173, 2011.

SCIVITTARO, W. B. et al. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, 2003.

SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, 2004.

SILVA, A. L. et al. Carbono e nitrogênio microbiano em sistemas de cultivo de cebola em um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 2, p. 142-150, 2014.

SILVA, A. G. Avaliação do rendimento de forragem de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. v. 53, n.307, p. 292-301, 2006.

SILVA, D. R. G. et al. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Seropédica: Embrapa, 2007. (Comunicado Técnico; 99)

SILVEIRA, L. F. **Desempenho e comportamento ingestivo diurno de bezerros desmamados em diferentes frequências de suplementação proteico-energética na época da seca**. 2007. 47p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p.240-244, 2003.

SILVEIRA, P. M. et al. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

SILVEIRA, P. M. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.

SORATTO, R. P. et al. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, p. 511-518, 2010.

SOUZA, E. D. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.

SOUZA, L.M. et al. Influência da aplicação de diferentes vermicompostos na biomassa microbiana do solo após cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 429-434, out-dez, 2006.

SOUZA JUNIOR, S. J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capimmarandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 122p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2007.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16. **Anais...** 1985, p. 259-299.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, R. M.; FERREIRA, V. M. Fertilidade química de solo sob pastagens formadas com diferentes espécies nativas e com *Brachiaria decumbens* manejadas com queimadas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4Sup1, p. 1771-1782, 2011.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TIMOSSI, P. C. et al. Formação de palhada por Braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

VAN OS, G. J.; GINKEL, J. H. Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. **Soil Biology & Biochemistry**, London, v. 33, n. 11, p. 1447-1454, set. 2001.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

WUTKE, E. B.; MAEDA, J. A.; PIO, R. M. Superação da dormência de sementes de mucuna-preta pela utilização de" calor seco. **Scientia Agricola, Piracicaba**, v. 52, n. 3, p. 482-450, 1995.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. p.60-167. In: LIMA FILHO, O. F. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil fundamentos e prática**. 2014. v. 1.

XAVIER, F. A. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba-CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006.

ZATORRE, N. P.; ALMEIDA, R. F.; FRANCHINI, J. C.; CHAER, G. M.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P. (2011). Influência dos sistemas agrícolas na atividade enzimática do solo. In: SEMANA CIENTÍFICA JOHANNA DÖBEREINER. 2001. **Anais...** Disponível em: <<http://seer.cnpab.embrapa.br/index.php/scjd/article/view/821>>. Acesso em: 27 mai. 2016.

ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; VILELA, L.; MOTTA, M. C. Uso da ILP como estratégia na melhoria da produção animal. In: SIMPAPASTO-Simpósio de Produção Animal a Pasto. **Anais...** Maringá, 2011. 32p.

## ANEXO

**Tabela 11-** Características químicas do solo a área experimental após o cultivo da soja em sucessão de plantas de cobertura, no município de Presidente Bernardes, SP, 2015

Profundidade	pH	M.O	P	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al <sub>3</sub> <sup>+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	M	V
	(CaCl <sub>2</sub> )	(g dm <sup>3</sup> )	(mg dm <sup>3</sup> )	------(mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )-----									
0-5cm	5,5	17,2	12,8	3,3	0,1	16,9	2,4	21,5	17,0	41,3	57,8	0,7	68,2
5-10cm	5,1	13,6	6,4	3,1	0,4	20,4	1,9	16,6	10,0	28,5	48,9	2,0	55,5
10-20cm	4,9	10,6	4,5	2,5	0,9	21,9	1,2	10,4	6,2	17,9	39,8	5,8	43,7
20-40cm	4,7	8,8	2,1	3,3	1,6	22,0	1,0	7,8	4,0	12,8	34,9	14,1	35,5