



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

**ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DA PASTAGEM E ESCARIFICAÇÃO
INFLUENCIANDO A ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO E PRODUTIVIDADE
DE GRÃOS**

RITA DE CÁSSIA LIMA MAZZUCHELLI

**ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DA PASTAGEM E ESCARIFICAÇÃO
INFLUENCIANDO A ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO E PRODUTIVIDADE
DE GRÃOS**

RITA DE CÁSSIA LIMA MAZZUCHELLI

Tese de Doutorado apresentada Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia – Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Fabio Fernando de Araújo

631.5
M478e

Mazzuchelli, Rita de Cássia Lima.

Épocas de dessecação da pastagem e
escarificação influenciando a atividade microbiana
do solo e produtividade de grãos. / Rita de Cássia
Lima Mazzuchelli. – Presidente Prudente, 2017.
102f.: il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade
do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente,
SP, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Fabio Fernando de Araújo

1. Integração Lavoura Pecuária. 2. Sistema
semeadura direta. 3. Atividade biológica. I. Título.

RITA DE CÁSSIA LIMA MAZZUCHELLI

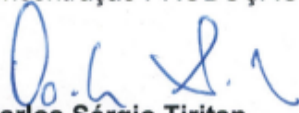
**ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DA PASTAGEM E ESCARIFICAÇÃO
INFLUENCIANDO A ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO E PRODUTIVIDADE
DE GRÃOS**

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

Presidente Prudente, 16 de maio de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

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


Profa. Dra. Ceci Castilho Custódio

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


Prof. Dr. Fabio Fernando de Araújo

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


Dr. Gustavo Pavan Mateus

APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Andradina (SP)


Dra. Mariangela Hungria da Cunha

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Cnpsoja / Londrina(PR)

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente este trabalho a Deus, Pai todo poderoso, que oferece o dom da vida e a capacidade para a realização de nossos sonhos.

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz Heraldo Mazzuchelli e Maria Lica de Lima Mazzuchelli que sempre educaram da melhor forma possível, fazendo esforços grandes, para que atingisse meus objetivos. Pai sempre que via você no serviço rezava para Deus me dar forças e sabedoria 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, você que é minha força minha base, minha melhor amiga. Pai e mãe, meus heróis que tanto amo, eu quero ser motivo de orgulho para vocês.

Ao meu irmão Eduardo Henrique Lima Mazzuchelli, que é um irmão, companheiro indispensável, pelos anos compartilhados, tantas emoções, tanto esforço e aqui estamos completando mais este momento em nossas vidas, sem sua ajuda o caminho teria sido bem mais difícil.

A minha avó, madrinha, mãe insubstituível Sebastiana Maria de Lima que é exemplo de vida e esperança, Vovó quero um dia ter metade de sua determinação, garra e coragem. A alegria e a força que possui são admiráveis e invejáveis, obrigada por dividir sua vida conosco, e comigo o seu aniversário. Ao meu avô Luiz Gonzaga de Lima (in memoriam) por ter feito de minha infância doce e inesquecível, 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 Esther das Neves Mazzuchelli pela firme educação e por todo o amor que me ofereceram. Vô quantos momentos partilhamos, é incrível ter o senhor como meu vô, pai e por tantas vezes filho, os papéis se invertem, e o amor, ah, esse só aumenta, se um dia eu tiver metade do seu conhecimento estarei feliz. Vó, é com tanta alegria que te encontro todos os dias, como é bom podermos estar juntos daqueles que amamos.

A toda minha família que, em todos os momentos de realização desta pesquisa, esteve presente.

AGRADECIMENTOS

Para que consigamos algum objetivo em nossas vidas, algumas pessoas tornam-se fundamentais para nos apoiar, ajudar e muitas vezes auxiliar com uma palavra amiga, desta forma aqui fica o meu muito obrigado, vocês são especiais em minha trajetória.

Ao professor orientador, Dr. Fabio Fernando de Araújo que, além de grande mestre, possuidor de grande conhecimento a quem tenho grande admiração, é um grande pai, que em sua função acolhe, aconselha, tudo isso para ver o crescimento de seus filhos. Palavras faltam para expressar toda a minha gratidão e estima, meu muito obrigada.

Ao professor co-orientador Edegar Moro, a quem sou eternamente grata, me estendeu a mão, me passou seus conhecimentos, sempre acessível, com um empenho me fez crescer profissionalmente e pessoalmente, meu muito obrigada Mestre.

As minhas tias-mães, Maria Vera Lucia de Lima, Maria Marlene de Lima Pereira, Maria Luisa de Lima e Maria José de Lima Pellosi, vocês são muito mais que minhas tias, são minhas mães, e como mães me ajudam, me dão suporte e principalmente, me amam como filha.

Ao namorado Eduardo Fabiano Romero, por todo o seu carinho e amor, por ser mais que um namorado, um amigo e a pessoa que me completa, a todos estes anos de crescimento ao seu lado, minha melhor escolha.

A família Fabiano Romero, que me acolheu como filha, e que considero como minha segunda família. Obrigada Divina Evangelista Romero e José Maria Romero por serem exatamente como são. Ao avô Geraldo e avó Maria que me trazem tanta alegria por fazerem parte da minha vida.

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

Agradeço a todo o corpo docente da Universidade do Oeste Paulista, que contribuiu de maneira significativa ao meu crescimento profissional, que desde a graduação me forneceram suporte, conhecimento, e acima de tudo, me tornaram uma pessoa melhor, sem vocês nada seria alcançado, vocês são os grandes responsáveis pela condução e execução deste trabalho!

Aos alunos da graduação que tanto me ajudaram no decorrer das análises, avaliações, foram peças chave deste trabalho, todos precisam de ajuda e assim devemos viver, para ajudar e sermos ajudados, obrigada Fernando Castilho, Gabriela Barreto, Luiz Felipe Alves, Marcos Antônio Escarmino, Paulo Costa.

A todos os funcionários da Universidade que não mediram esforços na contribuição do meu trabalho, em todos os setores, laboratórios, funcionários da Fazenda Experimental, em especial a Márcia Guaberto, uma conselheira, ouvinte, ajuda para todas as horas.

Ao Paulo Claudeir Gomes da Silva ao Lucas, ao Edson Aparecido e a Rosa Maria que me ajudaram na implantação do experimento, na condução, sem a ajuda de vocês não teria conseguido nada, vocês foram fundamentais no decorrer deste projeto, meu muito obrigado.

O dia mais belo: hoje
A coisa mais fácil: errar
O maior obstáculo: o medo
O maior erro: o abandono
A raiz de todos os males: o egoísmo
A distração mais bela: o trabalho
A pior derrota: o desânimo
O que traz felicidade: ser útil aos demais
O pior defeito: o mau humor
O pior sentimento: o rancor
O presente mais belo: o perdão
o mais imprescindível: o lar
A rota mais rápida: o caminho certo
A sensação mais agradável: a paz interior
A maior proteção efetiva: o sorriso
O maior remédio: o otimismo
A maior satisfação: o dever cumprido
A força mais potente do mundo: a fé
As pessoas mais necessárias: os pais
A mais bela de todas as coisas: O AMOR!

Madre Teresa de Calcutá

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir!”.
Augusto Cury

RESUMO

Épocas de dessecação da pastagem e escarificação influenciando a atividade microbiana do solo e produtividade de grãos

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar épocas de dessecação da pastagem anteriores ao cultivo da soja, associado com intervenção física (escarificação), através de impactos na atividade microbiana no solo e rendimento de grãos dentro do sistema de integração lavoura pecuária. O experimento foi desenvolvido em solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico. A área experimental estava ocupada com a espécie *Urochloa brizantha* (cv Marandu) com cinco anos de implantação. O delineamento experimental foi em faixas subdivididas, constituindo um fatorial duplo, 5x2. As parcelas foram constituídas por cinco épocas de dessecação da pastagem (150 DAS - dias antes da semeadura da soja; 120 DAS; 60 DAS; 30 DAS e 15 DAS) e as subparcelas, com e sem escarificação do solo. Foram cultivados dois ciclos produtivos de soja e milho, sendo coletadas amostras de solo ao início de cada ciclo produtivo para análises biológicas, químicas de fertilidade e físicas. Foram coletadas plantas para análise de nodulação. Ao final de cada ciclo produtivo as culturas foram avaliadas para os parâmetros de produtividade. Os maiores períodos de dessecação antecipada da pastagem proporcionaram ganhos na atividade microbiana no solo, no primeiro ano de cultivo da soja e milho. Ocorreram também melhorias em indicadores de fertilidade do solo. No segundo ano de cultivo da soja e milho os ganhos nos indicadores de qualidade foram menores, comparando-se ao primeiro ano de cultivo. A dessecação antecipada da pastagem em 150 dias antes do cultivo da soja proporcionou ganhos consideráveis de nodulação e rendimento da soja. O rendimento do milho, após o primeiro cultivo da soja, foi influenciado significativamente pelos maiores períodos de antecipação da dessecação efetuada antes do cultivo da soja.

Palavras-chave: Integração Lavoura Pecuária. Sistema semeadura direta. Atividade biológica.

ABSTRACT

Desiccation periods pasture and scarification influencing microbial activity soil and grain yields

The objective of this study was to evaluate drying times of the previous pasture to soybean cultivation, associated with physical intervention (scarification), through impacts on soil microbial activity in soil and grain yield in the livestock farming system integration. The experiment was conducted in soil classified as Acrisol dystrophic. The experimental area was occupied by the species *Urochloa brizantha* (cv Marandu) with five years of implementation. The experimental design was a split tracks, onstituting a double factorial 5x2. The plots consisted of five periods of desiccation of grassland (150 DBS - days before soybean sowing; 120 DBS, 60 DBS, 30 DBS and 15 DBS) and the subplots, with and without soil scarification. Were grown two production cycles of soybean and maize, soil samples being collected at the beginning of each production cycle for biological, chemical and physical analysis of fertility. plants were collected for nodulation analysis. At the end of each production cycle crops were evaluated for productivity parameters. The longer periods of early pasture desiccation provided gains in microbial activity in the soil, the first year of cultivation of soybeans and corn. There were also improvements in soil fertility indicators. In the second year of cultivation of soybeans and corn gains in quality indicators were lower compared to the first year of cultivation. Early pasture desiccation in 150 days before the soybean crop yielded considerable nodulation and soybean yield gains. The yield of corn after the first crop of soybeans, was significantly influenced by longer periods of anticipation desiccation performed before soybean cultivation.

Keywords: No-tillage System. System Crop-Livestock Integration. Biological activity.

LISTA DE SIGLAS

DAS	– Dias antes da semeadura da soja
Com E.	– Com a utilização da Escarificação
Sem E.	– Sem a utilização da Escarificação
BMS	– Biomassa Microbiana do Solo
CBMS	– Carbono da Biomassa Microbiana do Solo
NBS	– Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo
RBS	– Respiração Basal do Solo
qCO_2	– Quociente Metabólico
$qMic$	– Quociente Microbiano
FDA	– Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína
FBN	– Fixação Biológica de Nitrogênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1	Integração lavoura-pecuária	13
1.2	Sistema semeadura direta	14
1.3	Plantas de cobertura	15
1.4	Manejo das espécies de cobertura	16
1.5	Efeitos dos herbicidas sobre a microbiota dos solos	18
1.6	Cultivo da soja	20
1.7	Cultivo do milho	21
1.8	Microbiologia do solo	22
1.9	Biomassa microbiana do solo	23
1.10	Respiração microbiana	26
1.11	Atividade enzimática	28
1.12	Efeitos da cobertura do solo sobre a atividade microbiana	30
1.13	Manejo físico	31
	REFERÊNCIAS	34
2	ARTIGO 1	43
3	ARTIGO 2	77

1 INTRODUÇÃO GERAL

A região Oeste Paulista é caracterizada por solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e predominância de monocultivo, principalmente com pastagens, muitas vezes com sinais de degradação, com baixo suporte animal, conseqüentemente, apresentam dificuldade em manutenção do equilíbrio entre as diferentes propriedades do solo.

Uma das formas de recuperação das pastagens tem sido a reforma com semeadura de novos materiais, entretanto, a utilização de novas espécies de gramíneas não tem se mostrado como a solução mais eficiente para essa recuperação. Neste caso, com a possibilidade da integração lavoura pecuária, com a utilização de espécies leguminosas, rotação de culturas, pode contribuir para a melhoria da fertilidade do solo, quebrando o ciclo de pragas e doenças, auxiliando de maneira significativa nas melhorias das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo. Conseqüentemente, quando o solo retornar ao cultivo das espécies gramíneas, estas terão melhores condições para seu desenvolvimento.

A forma de manejar as espécies, para a formação de cobertura do solo se torna necessária para adequar as práticas agrícolas com o seu cultivo, que vem sendo objeto de vários estudos agrônômicos. A utilização da técnica da dessecação faz com que o tecido vegetal reduza mais rapidamente seu teor de água e com isso acelera a disponibilização de nutrientes para o solo. Esta prática pode ser utilizada em qualquer fase do desenvolvimento das plantas. A escolha do melhor período para a dessecação de uma área de pastagem com gramíneas, pode ser decisiva para melhorias nas propriedades do solo e promovendo benefícios a cultura subsequente.

A formação de uma cobertura do solo, proporciona vários benefícios para esse sistema, como a redução da compactação e temperatura do solo e aumento da matéria orgânica, umidade, entre outros fatores. Solos descobertos são mais susceptíveis à compactação, dificultando o desenvolvimento das raízes, sendo assim, muitas vezes torna-se necessário realizar processos de intervenção física, promovendo a quebra da camada compactada, que desencadeia reações de oxidação no solo, ocasionando a degradação da matéria orgânica, que pode ser prejudicial, principalmente em locais com baixos teores.

Neste sentido a hipótese do estudo é a de que o emprego da escarificação associado a diferentes períodos de dessecação da pastagem possa contribuir nas melhorias das propriedades do solo, aumento do retorno econômico para o cultivo de grãos e pastagens, dentro do sistema de integração lavoura pecuária. O mesmo se justifica pela necessidade de tecnologias para cultivo de grãos em regiões com limitações edafoclimáticas, como a região oeste paulista

1.1 Integração lavoura-pecuária

A integração lavoura-pecuária é um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, e o cultivo de grãos, o cultivo da pastagem é destinado principalmente à alimentação animal, e com o fim do ciclo da pecuária, a pastagem serve para proteger e produzir palhada para o sistema de semeadura direta (VILELA et al., 2012).

O sistema de integração é aplicado de acordo com a área disponível para sua implantação, desta forma, não é fixo, é alterado a cada safra. Além de garantir lucros com a produção de grãos, os produtores passam a recuperar o potencial produtivo de suas áreas, os principais causadores desta queda de produtividade estão relacionados com a redução de nutrientes, matéria orgânica e com a incidência de pragas, plantas espontâneas, doenças e nematoides, acarretando em processos de degradação (MACHADO et al., 2011).

As áreas degradadas podem ser definidas através de um ambiente modificado, que foi submetido a processos erosivos intensos que alteraram suas características originais, além do limite de recuperação natural dos solos, sendo necessária desta forma a intervenção do homem para sua recuperação (NOFFS; GALLI; GONÇALVES, 2011). No Brasil ainda vem ocorrendo o aparecimento de áreas degradadas, este processo proporciona inúmeros prejuízos ao meio ambiente, e à produção agropecuária brasileira, dificultando muitas vezes o aumento da produtividade (BEZERRA et al., 2006).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2015), no Brasil cerca de 30 milhões de hectares apresentam algum grau de degradação, principalmente em função do manejo inadequado, devido à utilização de taxas de lotação acima da capacidade de suporte das pastagens e, também, à falta de adubação de

manutenção, curvas de nível, cultivo em nível e cobertura do solo, o que tem proporcionado perdas de qualidade do solo.

Uma das formas de aumentar a eficiência da atividade agropecuária brasileira se dá pela da recuperação das áreas degradadas. Este objetivo pode ser atingido, com a utilização de tecnologias, como o desenvolvimento de novos cultivares de forrageiras e de estratégias de recuperação de pastagens e, através do manejo adequado. É imprescindível, ainda, um fluxo constante em pesquisas e desenvolvimento de estratégias que incentivem a adoção de tecnologias e a intensificação produtiva entre os produtores rurais (DIAS-FILHO, 2011).

1.2 Sistema de semeadura direta

O desenvolvimento da agricultura brasileira ocorreu através da influência das tecnologias provenientes do exterior, principalmente dos países do hemisfério norte, especialmente devido aos processos imigratórios ocorridos no país. Desta forma, a utilização do preparo do solo com arados e grades pesadas foi um dos exemplos mais dramáticos desta atuação, que proporcionou impactos ambientais indesejáveis, levando à degradação dos recursos naturais nas áreas agrícolas (CASÃO JUNIOR et al., 2012).

Em contrapartida a este processo de manejo convencional, ocorreu nas últimas décadas um dos maiores avanços no processo produtivo para a agricultura brasileira, que foi a introdução do sistema de semeadura direta (SSD), ocorrendo inicialmente na região Sul do Brasil, a partir do início da década de 1970. Seu objetivo inicial era controlar os processos relacionados à erosão (LOPES et al., 2009).

O SSD trouxe uma grande evolução no manejo de solos tropicais, pois o solo era antes manejado com operações de revolvimento do solo após a retirada das culturas provocando, desta forma, desestabilização do sistema, com consequentes perdas de solo, água e nutrientes, fatores estes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A perda de solo e os elementos que lhe são associados provocam danos ambientais, como o assoreamento e a eutrofização de cursos d'água, além de prejuízo econômico ao produtor e à sociedade (CARDOSO et al., 2012).

Desta forma o SSD contribui para a preservação do solo e água, já que os recursos naturais não podem ser vistos separadamente. Este sistema é caracterizado pela manutenção, durante o ano todo, de plantas em crescimento e de raízes vivas. As plantas promovem a cobertura permanente do solo, por meio de sua parte aérea (viva) ou de seus resíduos vegetais (cobertura morta ou palha). As raízes vivas são responsáveis pelos efeitos benéficos e manutenção da qualidade física, química e biológica do solo (EMBRAPA, 2012).

Além dos efeitos benéficos ao ambiente, o sistema de semeadura direta ainda possibilita que uma nova cultura seja semeada imediatamente após a colheita da cultura anterior, proporcionando ganhos no tempo, aproveitando a umidade do solo, possibilitando sua utilização durante todo o ano, aumentando os lucros do produtor e aumentando os benefícios de toda a cadeia produtiva do agronegócio (BRANDELERO; ARAUJO; RALISCH, 2015).

1.3 Plantas de cobertura

Com a adoção do cultivo de plantas de cobertura têm-se várias melhorias ao processo produtivo, como a reestruturação de atributos químicos e físicos do solo, recuperação da parte biológica, redução da resistência do solo à penetração, aumento da permeabilidade à água e diminuição das variações de temperatura (CARDOSO et al., 2013). Além desses fatores, existe a ciclagem de nutrientes imobilizados, como o fósforo e a mobilização e translocação daqueles na subsuperfície para a superfície do solo (CARNEIRO et al., 2008).

Para que ocorram melhorias faz-se necessária a formação de uma cobertura eficiente do solo, ou seja, produzindo grande quantidade de fitomassa, pela palhada, sendo este um dos fatores mais limitantes para a adoção do sistema de semeadura direta, principalmente, pela baixa produção desta cobertura na entressafra e pela decomposição acelerada dos resíduos. Portanto, nessas condições, o uso de espécies com decomposição mais lenta representa uma estratégia para aumentar a eficiência dessa cobertura do solo por maiores períodos (MENEZES; LEANDRO, 2004).

A decomposição e a liberação dos nutrientes, das palhadas originárias das plantas, são determinadas principalmente pela relação C/N, sendo uma característica discriminatória entre as espécies gramíneas e leguminosas. Neste

sentido é importante a rotação destas espécies, para que haja um equilíbrio entre fornecimento de nutrientes e formação de palhada sobre a superfície do solo, para que possibilite uma cobertura eficiente para a deposição de matéria orgânica e nutrientes no solo, proveniente desses resíduos (TEIXEIRA et al., 2010; KRENCHINSKI et al., 2013).

A decomposição dos resíduos vegetais, principalmente quando se utilizam espécies com baixa relação C/N, como no caso das leguminosas, acaba ocorrendo de maneira acelerada, sendo prejudicada a formação de palha em quantidade necessária para implantação/manutenção do sistema de semeadura direta (CARNEIRO et al., 2008). Já o uso sucessivo de gramíneas nos sistemas de produção resulta em competição por nitrogênio pelas plantas durante o processo de mineralização da matéria orgânica (MENEZES; LEANDRO, 2004).

A utilização do cultivo consorciado entre plantas de cobertura do solo, como a junção de espécies leguminosas e gramíneas, pode ser uma alternativa para atender aspectos conservacionistas de solo e à demanda por N da cultura sucessora (CHERUBIN et al., 2014). Foi apresentado que o carbono fixado via matéria seca das plantas de cobertura é insuficiente para garantir o aumento de matéria orgânica de alta qualidade ao solo, conseqüentemente, buscam-se medidas para aumentar de forma sustentável o aporte de carbono das áreas de produção agrícola (PACHECO et al., 2011a).

Dentro do manejo de sistema de semeadura direta, as gramíneas do gênero *Urochloa* são as principais opções para a formação de palhada, principalmente pela alta relação C/N presente em sua composição, obtida através de sua maior concentração de lignina, prolongando o tempo de sua decomposição, e à alta produção de matéria seca. Além disso, sua palhada contribui para a formação de uma camada espessa e distribuída uniformemente sobre a superfície do solo, formando uma barreira física, favorecendo o controle das plantas daninhas (NEPOMUCENO et al., 2012).

1.4 Manejo das espécies de cobertura

O controle das plantas de cobertura antes da semeadura é normalmente chamado de manejo. Esse manejo pode ser realizado principalmente por métodos mecânicos ou químicos. No método químico, utilizam-se basicamente

herbicidas sistêmicos de ação total, que não possuem seletividade, como o glifosato (KRENCHINSKI et al., 2013).

Contudo, são necessários estudos sobre os sistemas de produção e rotações de culturas, visando o aprimoramento no conhecimento em relação à dinâmica das plantas de cobertura e cultura principal em cada região produtora do país, para que se utilizem o manejo mais adequado às condições de cultivo (CHERUBIN et al., 2014).

Para o desenvolvimento do sistema de semeadura direta normalmente quando se utilizam herbicidas, estes têm a função de dessecação da vegetação (plantas de cobertura ou espontâneas) para depois semear a cultura sob esta palhada dessecada e, também, para controlar as plantas espontâneas durante o desenvolvimento da cultura comercial. No entanto, existem experiências de sistemas de semeadura direta sem o uso desses insumos, baseadas na adoção de diferentes práticas de manejo de plantas de cobertura do solo e de plantas espontâneas, como a utilização de métodos mecânicos (BONJORNO et al., 2011).

O manejo anterior à semeadura direta é fundamental para o bom desenvolvimento das culturas sucessoras, já que a eliminação das plantas daninhas existentes proporciona que a cultura apresente um desenvolvimento inicial rápido e vigoroso (RICCE; ALVES; PRETE, 2011).

As plantas de cobertura, geralmente são semeadas na entressafra. No sistema de semeadura direta, estas devem apresentar a capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais para, depois, liberá-los nas camadas superficiais por meio de sua decomposição e da mineralização dos seus resíduos. Desse modo, podem contribuir para a utilização eficiente de fertilizantes nas culturas anuais que são estabelecidas em sucessão. Essas espécies auxiliam na conservação dos solos, através de suas raízes, que proporcionam maior agregação das partículas e também pela proteção da superfície do solo ao impacto direto das chuvas (TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008; PACHECO et al., 2011b).

De acordo com Santos et al. (2007) em avaliação de três épocas de dessecação de pastagem no dia da semeadura e aos 7 e 21 dias antes da semeadura, a dessecação e semeadura da soja no mesmo dia, pode afetar o desenvolvimento da cultura, promovendo efeito negativo na atividade dos microrganismos do solo, o intervalo entre dessecação e semeadura da soja resistente ao glifosato deve ser de, pelo menos, sete dias.

Ricce, Alves e Prete (2011), verificaram que a dessecação da pastagem de inverno pode ser realizada aos 0, 10, 20 e 30 dias antes da semeadura da soja. Segundo os autores, a presença de maior quantidade de palha, no dia da semeadura, provoca redução no estande de plantas, porém, tal redução é compensada com o aumento no número de vagens e não prejudica a produtividade média de grãos de soja.

Debiasi e Franchini (2012), constataram que há um efeito negativo de grandes quantidades de fitomassa de *Urochloa brizantha* quando dessecadas em intervalos próximos à semeadura da soja, a soja aumenta sua produtividade quando a pastagem é dessecada em intervalos anteriores ao seu cultivo.

Gianconti, Nepomuceno e Alves (2013), avaliando a dessecação de *Urochloa brizantha* 'Piatã', com períodos de 27, 22, 17, 10, 5, 3 e 0 dias antes do cultivo do girassol, concluíram que quando mais próxima a dessecação da época de semeadura, menor foi o desenvolvimento e a produtividade do girassol.

1.5 Efeitos dos herbicidas sobre a microbiota dos solos

A utilização dos herbicidas é crescente, portanto, torna-se necessário avaliar o impacto que estes produtos causam ao ambiente e à microbiota do solo. Desta forma, a utilização de indicadores biológicos passa a ser uma avaliação importante para aferição do impacto causado por estes insumos nas propriedades biológicas do solo. Normalmente, a biomassa microbiana diminui com as primeiras aplicações de herbicidas resultando no aumento na liberação CO₂ pela morte dos microrganismos do solo (GALON et al., 2014).

As utilizações de herbicidas provocam maiores reduções na biomassa microbiana de solos arenosos do que em solos argilosos, a sua utilização compromete a colonização micorrízica, os microrganismos solubilizadores de fosfato inorgânico e a formação de nódulos fixadores de nitrogênio nas raízes de espécies leguminosas (CAMARGO; BISPO; SENE, 2011; SILVA et al., 2014).

O glifosato é um herbicida de amplo espectro, utilizado para o controle de plantas daninhas. Sua utilização inibe a 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintase, enzima chave na síntese de aminoácidos aromáticos na via do ácido xiquímico, em plantas, fungos e bactérias. Entre as plantas transgênicas, a soja resistente a este herbicida é a mais cultivada em todo mundo (NAKATANI et al., 2014).

Com a utilização crescente destes cultivares de soja resistente ao uso de glifosato, sua aplicação vem sendo frequente, como dessecante da área tanto antes da implantação da cultura, quanto depois do seu estabelecimento, para o manejo de plantas daninhas em pós-emergência (FERREIRA et al., 2013). Entretanto, com o aumento de sua aplicação, problemas vêm ocorrendo, como o surgimento de espécies daninhas resistentes, e afetando também a microbiota do solo, como por exemplo, a fixação biológica de nitrogênio (NAKATANI et al., 2013). Este efeito pode ser devido a exsudação da molécula de glifosato pelas raízes da soja, afetando diretamente as bactérias fixadoras de nitrogênio (ZOBIOLE et al., 2011).

Alguns estudos indicam que a utilização de glifosato não causa alterações significativas no teor de C da biomassa microbiana do solo, na respiração basal do solo e no quociente metabólico (ZILLI et al., 2008), entretanto, indicam que sua utilização ocasiona alterações na comunidade bacteriana associada ao rizoplane de soja, de forma que podem causar restrição do crescimento de determinadas bactérias, podendo ocorrer o estímulo de outras (NAKATANI et al., 2014).

Andrighetti et al. (2014), evidenciaram que a utilização do glifosato pode aumentar consideravelmente a atividade microbiana dos solos que começam a receber aplicações deste herbicida recentemente, atribuindo este fator a molécula ser uma nova fonte de carbono para a comunidade microbiana, sendo conseqüentemente degradada.

Lancaster et al. (2010) encontraram aumento na população da bactéria Gram-negativa *Burkholderia* spp. após a aplicação de glifosato. Lane (2011) observou significativa redução da biomassa total microbiana na rizosfera da soja após a aplicação deste herbicida, mas a estrutura populacional da comunidade microbiana não foi afetada.

Figueiredo, Silva e Karam (2013) verificaram que a utilização de glifosato apresentou efeito negativo sobre o crescimento *in vitro* de três espécies de *Bacillus*, (*B. anthracis*, *B. megaterium* e *B. thuringiensis*) e nenhum efeito, negativo ou positivo, sobre o crescimento de duas espécies *B. subtilis* e *B. licheniformis* indicando, desta forma, que há diferenças interespecíficas de bactérias do gênero *Bacillus* em metabolizar o herbicida.

1.6 Cultivo da soja

A soja é uma cultura de grande importância na economia mundial e brasileira, sendo o país o segundo maior produtor desta cultura, e o primeiro na América Latina (LUDWIG et al., 2011). Conforme a CONAB, em 2016 estima-se que haverá incremento de 3,5% na área cultivada com soja no Brasil, representando 32.092,9 mil hectares, e produtividade média de 2.099 kg por hectare na safra 2015/16.

Segundo Vencato et al. (2010), a produção de soja poderá crescer até 2020 mais de 40% no Brasil, revelando um cenário animador para toda a cadeia produtiva, e neste mesmo período, nos Estados Unidos o aumento da produção não deverá alcançar os 15%, tornando o Brasil o maior produtor mundial desta oleaginosa.

A fixação biológica do nitrogênio é um processo realizado principalmente por bactérias do gênero *Bradyrhizobium* que colonizam as raízes das leguminosas, e eficientemente garantem o abastecimento de nitrogênio demandado pela soja, por exemplo, este processo é diretamente afetado pelos fatores abióticos, entre eles a temperatura, umidade, macroporos, concentração de nitrogênio mineral no solo, fósforo, acidez, presença de alumínio trivalente, molibdênio assimilável no solo, e da textura do solo, pois contribui para a sobrevivência do rizóbio e influencia em seu potencial de fixar nitrogênio atmosférico (HUNGRIA et al., 2005; FIGUEIREDO et al., 2008).

Um fator primordial que influencia diretamente na produtividade das culturas é a disponibilidade de água e de nutrientes. O solo é que oferece o suporte para fornecimento de nutrientes para a planta e, não é raro o mesmo não os apresentar na quantidade de que a cultura precisa para o seu pleno desenvolvimento, o que ressalta a importância da adubação (DANTAS NETO et al., 2006).

O solo apresenta grande variabilidade espacial, devido aos materiais de origem, que não são uniformes, devido a diferenças em relação à composição química, nível de intemperismo, cristalização, dureza, exposição, localização, diferenças de clima, declividade, permeabilidade e organismos biológicos presentes (SOUZA et al., 2010).

Na abertura das áreas de exploração agrícola, ocorre a remoção da vegetação nativa, acompanhada da aplicação de fertilizantes e corretivos, este processo ocasiona alterações nas propriedades do solo, interferindo no rendimento das culturas, assim como na conservação do solo e do ambiente. Portanto, o conhecimento das modificações químicas do solo, causadas pela prática de cultivo contínuo, pode fornecer subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar o rendimento da cultura, minimizando os danos ambientais (CORRÊA; CONSOLINI; CENTURION, 2001).

A prática da adubação mineral funciona como uma fonte de reposição dos nutrientes, referentes à fertilidade natural do solo, ou até mesmo suprindo as condições iniciais e com isso tem contribuído para melhorar o desempenho das culturas, resultando na elevação de suas produtividades (LIMA et al., 2006).

1.7 Cultivo do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta originária do México, de ciclo anual, pertencente à família Poaceae. Apresenta caráter monoico e a sua morfologia característica resulta da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle da ontogenia do desenvolvimento. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, de um a quatro metros de altura na floração e possibilidade de cultivo na safra e safrinha, sendo esplendidamente “construída” para a produção de grãos (MAGALHÃES et al., 2013).

Conforme o levantamento da CONAB em 2016, a previsão da área cultivada com o milho é de 58,15 milhões de hectares, resultando em incrementos da ordem de 0,4% em relação à safra 2014/15, e produção da safra e safrinha em torno de 76,2 milhões de toneladas. O Brasil é o terceiro maior produtor do grão, ficando atrás somente dos Estados Unidos e China, e o potencial produtivo das lavouras no Brasil está bem abaixo do teto produtivo para a cultura, que é de 16 Mg ha¹, versus 4,7 Mg ha¹ previstos para a safra brasileira em 2016. O que nos sugere explorar técnicas de cultivo que façam aumentar a produtividade do milho, sem

necessariamente abrir novas fronteiras agrícolas, amenizando possíveis impactos ao meio ambiente.

Em função do potencial produtivo do milho, a sua composição química e do seu valor nutritivo, a espécie representa um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Com multiplicidade de aplicações, na alimentação humana ou na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima, impulsionadas de diversificados complexos agroindustriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O milho é um cereal que apresenta produtividade abaixo do potencial produtivo da espécie e considera-se que a fertilidade do solo seja um dos principais fatores responsáveis por essa baixa produtividade, das áreas destinadas tanto para a produção de grãos como de forragem. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes nos solos, mas também ao uso inadequado de calagem e adubações, principalmente com nitrogênio e potássio, e também à alta capacidade extrativa do milho colhido para produção de forragem. A cultura do milho apresenta grandes diferenças no uso de fertilizantes entre as várias regiões do país (ZANDONÁ et al., 2015).

O milho é uma espécie que apresenta grande potencial para rotação de culturas com adubos verdes e oleaginosas, como a soja, por conferir aumento da relação C/N, alta quantidade de fitomassa e decomposição mais lenta da palhada, sobretudo no sistema de semeadura direta (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

1.8 Microbiologia do solo

Atualmente cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade dos recursos naturais. As práticas relacionadas ao manejo e a conservação do solo e água devem ser realizadas de forma a preservar e aumentar a qualidade. O estabelecimento de índices de qualidade do solo é útil na tarefa de avaliação de impactos ambientais, seja na produção de forma extensiva ou intensiva. Portanto, torna-se um instrumento importante nas funções de controle, fiscalização e monitoramento das áreas agrossilvipastoris (ARAÚJO et al., 2007).

A utilização do solo na agricultura, proporciona alterações em suas características físicas, químicas e microbiológicas. A consequência dessas

alterações pode resultar em perda da qualidade do solo, o que compromete a sustentabilidade da utilização deste recurso. Portanto, a análise de indicadores bioquímicos e microbiológicos de qualidade do solo é relevante para monitorar mudanças na qualidade e no desempenho de suas funções-chave, como a capacidade de realizar a ciclagem e armazenagem de nutrientes (CHAER; TÓTOLA, 2007; CUNHA et al., 2012).

As pesquisas buscam identificar algum atributo do solo que possa representar o estado em que o solo se encontra, identificando assim sua qualidade. O objetivo desta busca é obter uma ferramenta, para avaliar principalmente a qualidade das práticas de manejo empregadas na produção agrícola, visando à sustentabilidade da agricultura e à preservação do ambiente, portanto, é preciso entender o funcionamento do sistema solo (VEZZANI et al., 2008).

Quando as culturas são manejadas com a manutenção de resíduos em sua superfície, contribuem para uma melhoria na estruturação dos solos. Esta resposta pode estar relacionada ao aumento da estabilidade dos agregados (ação cimentante da matéria orgânica, efeito dos polissacarídeos de hifas de fungos), aumento da capacidade de retenção de água, aumento da porosidade, melhor aeração, menores perdas de água por evaporação, pelo efeito da matéria orgânica (LOURENTE et al., 2011).

A matéria orgânica do solo pode ser definida, em sentido amplo, através dos organismos vivos, resíduos de plantas e animais pouco ou bem decompostos. Nos solos tropicais, os atributos físico-químicos da matéria orgânica são essenciais para a manutenção da saúde dos ecossistemas dos quais fazem parte (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011).

1.9 Biomassa microbiana do solo

A biomassa microbiana do solo (BMS) é definida como o componente vivo da matéria orgânica do solo (JENKINSON; LADD, 1981) excluindo-se a macrofauna e as raízes das plantas. A BMS é um dos componentes que controlam funções-chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais. Representa, ainda, uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente assimilados durante os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema. Os

solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar mais nutrientes no sistema (GREGORICH et al., 1994; ARAUJO; MONTEIRO, 2007; ALVES et al., 2011).

A BMS apresenta uma função fundamental na produtividade e na manutenção dos sistemas, pois funciona como um catalisador das importantes transformações químicas que ocorrem no solo. Desta forma, torna-se um importante reservatório de nutrientes para as plantas, justamente por fazer parte do componente lábil da matéria orgânica do solo e desempenhar atividade provocada pelas condições bióticas e abióticas (CUNHA et al., 2012).

A estimativa da biomassa microbiana, pode ser utilizada nos fluxos de carbono e nitrogênio do sistema, na ciclagem de nutrientes e na produtividade das plantas, que permitem quantificar a biomassa microbiana viva presente no solo em determinado momento, a quantidade de nutrientes, já que os microrganismos imobilizam temporariamente carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes, que após sua morte e decomposição serão liberados ao solo, podendo se tornar disponíveis às plantas (CUNHA et al., 2009).

O solo possui uma grande variedade de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, protozoários, algas e vírus. Entretanto, apesar desta diversidade os microrganismos predominantes na microbiota do solo são fungos e bactérias heterotróficas, a flora microbiana presente no solo depende de várias características do solo particular em estudo, como por exemplo, a umidade, o pH, a temperatura, o conteúdo em oxigênio gasoso e da composição em material orgânico e inorgânico); além disso, alguns destes parâmetros ambientais podem variar, por exemplo, ao longo do ano ou em função do tipo de utilização que é dada ao solo (ABURJAILE et al., 2011).

A intensificação das atividades agrícolas tem acelerado a degradação dos solos, pela exaustão de nutrientes nem sempre devolvidos aos solos, pelo aumento dos processos de erosão, pela perda dos teores de carbono orgânico e, também, pela diminuição da diversidade e atividade microbiana; isto resulta em prejuízos para a produção agrícola e para a sustentabilidade dos agroecossistemas (BALOTA et al., 2013).

A população microbiana do solo é a grande responsável pela decomposição de resíduos, utilizando-os como uma fonte de energia e nutrientes para a formação e multiplicação celular (MENDONZA et al., 2000).

Os microrganismos se enquadram como bioindicadores na qualidade do solo, a atividade biológica que exercem é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 20 cm. Neste perfil, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5% do volume total do solo e representa menos que 10% da matéria orgânica (BARROS, 2012).

A biomassa microbiana responde às mudanças do manejo do solo, atuando como uma medida mais sensível das alterações na matéria orgânica. O impacto da atividade agrícola nas propriedades microbiológicas dos solos cultivados, ocorre redução acentuada nos teores de biomassa microbiana em áreas cultivadas, comparativamente ao solo sob vegetação nativa (MENDES et al., 2003).

Vicente e Araujo (2013) estudando a biomassa microbiana do solo de áreas de pastagem do Oeste Paulista observaram que, a BMS pode contribuir de forma positiva na avaliação dos impactos ambientais, esta variável se correlaciona com a maioria das variáveis de fertilidade e microbiológica estudadas.

A quantificação do carbono da biomassa microbiana do solo, a quantidade de C-orgânico e a evolução de CO₂ permitem estudar a dinâmica dos microrganismos e da matéria orgânica e também a ciclagem de nutrientes (ANDERSON; DOMSCH, 1993). De acordo com Odum (1983), ao avaliar sucessão de ecossistemas, esses componentes são indispensáveis à produtividade agrícola de solos tropicais, cuja mineralogia e elevado grau de intemperismo resultam em baixa fertilidade química.

Os elementos que estão presentes na solução do solo são influenciados por transformações bióticas ou abióticas específicas, que regulam os processos de adição e perda, assim como a biociclagem dos mesmos, que passam por diferentes formas no solo e são absorvidos pela vegetação e microbiota. Os microrganismos do solo desempenham papel fundamental no ciclo biogeoquímico do fósforo (P) e na sua disponibilidade para as plantas, mediante o fluxo de P pela biomassa microbiana, a solubilização do P inorgânico, a mineralização do P orgânico e a associação entre plantas e fungos micorrízicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Os constituintes da fração orgânica do solo, como a biomassa microbiana, embora quantitativamente pouco representada, é de grande significância, visto que os produtos do seu metabolismo constituem, por exemplo,

uma das principais fontes do nitrogênio mineral e fósforo para as plantas (COLODRO et al., 2007).

1.10 Respiração microbiana

A análise da respiração microbiana representa 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 CO₂ é produzido, as bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela maior liberação de CO₂ via degradação da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007).

Quando um material orgânico é adicionado ao solo, os microrganismos realizam sua decomposição, a qual pode ocorrer de forma rápida se houver fatores propícios como umidade, pH, temperatura mas, principalmente, nutrientes e cadeias de carbono (fonte de energia). A ocorrência de alta atividade microbiana indica que a decomposição do material adicionado é rápida e os nutrientes são mineralizados e disponibilizados para as plantas em menor tempo, o que muitas vezes é uma característica buscada em um adubo orgânico (SEVERINO et al., 2004).

Balota et al. (1998) evidenciam que a prática da semeadura direta proporciona maior biomassa microbiana e menor perda relativa de carbono via respiração, podendo determinar, assim, um maior acúmulo de C no solo a longo prazo. Os parâmetros microbiológicos mostram-se bons indicadores de alterações do solo em função do manejo.

A respiração basal do solo indica a atividade da biomassa microbiana e o quociente metabólico expressa 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).

A análise da respiração microbiana feita isoladamente pode, frequentemente, fornecer apenas informações limitadas sobre as respostas do sistema solo a estresse ou perturbações. O quociente metabólico (qCO_2), expresso em quantidade de CO₂ liberado pela quantidade de carbono da biomassa em função do tempo, representa a taxa de respiração específica da biomassa microbiana. Altos

valores do qCO_2 significam que a população microbiana está oxidando carbono de suas próprias células (respiração de manutenção dos microrganismos vivos) para a sua manutenção e adaptação ao solo, portanto, a população microbiana do solo encontra-se em condições adversas ou estressantes (ALVES et al., 2011).

Como um exemplo o estudo de áreas que apresentam cultivos em sistemas orgânicos e sem o revolvimento apresentam melhores indicadores de qualidade, juntamente com o solo de cerrado remanescente, enquanto que os piores indicadores obtidos em sistema de queima da palhada de cana-de-açúcar antes da colheita (EVANGELISTA et al., 2012).

Mendonza et al. (2000) comprovaram que o sistema com cana-de-açúcar colhida crua promoveu incrementos nos teores de carbono, na profundidade de 0-20 cm, e de magnésio em relação ao sistema de cana-de-açúcar queimada, o qual, por sua vez, apresentou maiores teores de potássio e fósforo. Além disso, com a adição da palha, percebeu-se o predomínio não só da fração humina e da fração ácidos fúlvicos, mas também de carbono imobilizado na biomassa microbiana, principalmente nos primeiros 5 cm, com maiores valores no mês de novembro, por ser uma estação chuvosa.

Stone et al. (2013), estudando a correlação entre a produtividade do feijoeiro no sistema de produção orgânica e atributos do solo, verificaram que os atributos do solo que indicam alguma condição de estresse, como o quociente metabólico e a respiração basal, além do teor de cobre disponível no solo afetaram, negativamente, a produtividade do feijoeiro. Na análise conjunta dos atributos do solo a combinação da porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm, com o teor de carbono da biomassa microbiana e com a matéria orgânica do solo, apresentou o maior coeficiente de correlação com a produtividade do feijoeiro.

Os sistemas que promovam menores taxas de qCO_2 tornam-se importantes, pois neles, a BMS está em maior equilíbrio, com menores perdas de CO_2 pela respiração, resultando em maior incorporação de carbono à BMS (CUNHA et al., 2011).

O quociente microbiano - $qMic$, em condições normais, varia de 1 a 4%, e valores inferiores a 1% podem ser atribuídos a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (JAKELAITIS et al., 2008).

1.11 Atividade enzimática

A atividade enzimática do solo exerce um papel de fundamental importância na sustentabilidade agrícola, pois está diretamente atrelada a inúmeras reações necessárias para o funcionamento do solo, sendo componente principal das rotas bioquímicas e dos ciclos biogeoquímicos (ZATORRE et al., 2011; KUMAR; CHAUDHURI; MAITI, 2013). A atividade enzimática do solo possui características relacionadas com a matéria orgânica, com as propriedades físicas e com a atividade e biomassa microbiana; também pode ser um claro indicador de mudanças na qualidade do solo, além de ser estimada por metodologias simplificadas. Além disso, a atividade enzimática do solo está relacionada com a ciclagem de nutrientes (CORDEIRO et al., 2012).

A determinação da atividade de várias enzimas no solo é uma forma de medir a atividade microbiana, indicando mudanças ocorridas na microbiota do solo sem, entretanto, relacioná-las a algum grupo específico de organismo, já que as enzimas catalisam reações específicas e geralmente são específicas, a síntese de determinada pode ser reprimida por um fator específico (ANDRADE; SILVEIRA, 2004).

Desta forma, a atividade enzimática pode ser utilizada como um indicador biológico, ou como um índice de adequação de sustentabilidade ambiental de sistemas de produção. Normalmente, reflete mudanças na quantidade e qualidade da matéria orgânica, bem como reage mais rapidamente que a matéria orgânica às alterações que acontecem em solos cultivados. Entretanto, as enzimas são influenciadas pelas variações de umidade e temperatura, pelo sistema de uso do solo, pelo cultivo e, como também, pela qualidade dos resíduos vegetais (ALCÂNTARA et al., 2011; KUMAR; CHAUDHURI; MAITI, 2013).

Há muitas enzimas no solo, e podem se classificar como oxidoredutases, hidrolases, isomerasas, liases e ligases. Cada uma delas desempenha funções bioquímicas essenciais no processo geral de conversão de energia e de material (GU; WAG; KONG, 2009).

A atividade da enzima desidrogenase é uma das principais representantes da classe das oxirredutases (WOLIŃSKA; STĘPNIEWSKA, 2012), existe apenas no solo como parte integral das células intactas, não existindo extracelularmente no solo. Desta forma, a medida de sua atividade representa as

atividades metabólicas dos microrganismos no momento, já que participa de processos de oxidação, da cadeia respiratória dos microrganismos, na oxidação do material orgânico, transferindo e separando o hidrogênio, prótons e elétrons. A desidrogenase transfere o hidrogênio para a dinucleotídeo de nicotinamida e adenina (NAD) ou dinucleotídeo de nicotinamida e adenina fosfato (NADP) (ZHANG et al., 2010).

São vários os fatores ambientais que podem influenciar na atividade da desidrogenase, como a umidade do solo, disponibilidade de oxigênio, potencial óxido-redução, pH, teor de matéria orgânica, a profundidade do perfil do solo, temperatura, estação do ano, contaminação por metais pesados e adubação do solo ou utilização de pesticidas (WOLIŃSKA; STEPNIEWSKA, 2012).

Veres et al. (2013) estudando a atividade da enzima desidrogenase por dez anos em florestas, evidenciara que ao longo do período mudanças ocorreram na produção de serrapilheira, que houve diminuição da sua produção, afetando negativamente a atividade enzimática e os teores de matéria orgânica, entretanto, o aumento de sua produção não proporcionou aumento da atividade, evidenciando que a perda da serrapilheira teve maior impacto do que seu aumento para a enzima.

Algumas detecções de atividades enzimáticas podem ser utilizadas para um grupo de reações, como é o caso da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), que estão presentes as lipases, esterases e proteases. Sua atividade está relacionada com células metabolicamente ativas, na decomposição microbiana e na matéria orgânica do solo (BALOTA et al., 2013; GAJDA; PRZEWŁOKA; GAWRYJOLEK, 2013). Green, Stott e Diack (2006), afirmam que a análise de FDA é de realização simples, sensível, precisa e útil para os estudos da qualidade da atividade microbiana do solo e estudos de bioecossistemas.

Os microrganismos e as raízes de plantas transformam fósforo orgânico (Po) em fósforo inorgânico (Pi), disponível no solo através da exclusão de enzimas, comumente denominadas fosfatases (CONTE; ANGHINONI; RHEINHEIMER, 2003). Sendo assim, a enzima fosfatase possui papel fundamental no ciclo do fósforo nos solos, sendo correlacionadas com a deficiência de fósforo e o crescimento das plantas. Em solos com baixos teores de fósforo ocorre aumento na liberação de fosfatases, com o intuito de elevar a mineralização e a remobilização do fosfato (BALOTA et al., 2013).

A atividade da fosfatase ácida é reduzida com o incremento de fósforo mineral no sistema (SOUZA et al., 2014), e pode ser incrementada com a adição de fertilizantes nitrogenados, que além de aumentarem o crescimento radicular, estimulando a rizosfera, provocam uma maior acidificação do solo (MORAIS et al., 2015).

As bactérias com atividade da fosfatase ácida em solos cultivados com gramíneas podem corresponder a 58,2% do total de bactérias do solo, transformando o elemento não lábil para a fração lábil do solo (JANEGITZ; INOUE; ROSOLEM, 2013).

A utilização de espécies de cobertura pode influenciar na atividade da fosfatase, indicando alterações nas formas disponíveis do elemento no sistema, nos índices de produtividade das culturas, já que interferem nos processos de mineralização dos fosfatos orgânicos do solo (COSTA; LOVATTO, 2004).

1.12 Efeitos da cobertura do solo sobre a atividade microbiana

Considerando a importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, necessita-se de estudos a respeito da quantidade e a atividade da biomassa microbiana podem fornecer subsídios para o planejamento e a utilização correta do solo (D'ANDRÉA et al., 2002).

Em um solo manejado pelo sistema de semeadura direta, quando as taxas de adição dos resíduos forem maiores que as taxas de decomposição, haverá um aumento nos estoques de matéria orgânica, favorecendo desta forma os processos de agregação do solo levando a estabilidade do sistema. As quantidades de resíduos vegetais mantidos sobre o solo e o tipo de preparo do solo serão fatores determinantes para os processos de humificação do material vegetal depositado sobre o solo, bem como de decomposição do material (MAZURANA et al., 2013).

Solos manejados em sistema de semeadura direta podem promover incrementos de 114 e 157% respectivamente, no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, quando comparados a solos cultivados sob sistema de semeadura convencional. Já as taxas do quociente metabólico podem ser 37% inferiores no sistema de semeadura direta, resultando em maior eficiência metabólica da microbiota do solo. A diversidade genética da microbiota do solo também é superior no sistema sem o revolvimento do solo; em relação à fixação de nitrogênio

atmosférico, também se torna mais expressivo neste sistema de manejo (PEREIRA et al., 2007).

Cunha et al. (2012) verificaram que os quocientes metabólico e microbiano foram os atributos do solo mais afetados negativamente pelo preparo convencional quando comparados com os da semeadura direta.

Os estoques de carbono orgânico e da biomassa microbiana são afetados diretamente pelo aporte de resíduos no ambiente (MAZURANA et al., 2013). Souza et al. (2010) verificaram que os teores de C e de P microbiano aumentaram até o período de grande produção de fitomassa da pastagem, com a senescência da pastagem começa um declínio em seus teores.

1.13 Manejo físico

A produtividade e crescimento das culturas são devidos, entre outros fatores, à umidade, à temperatura, à aeração e à resistência à penetração sendo, portanto, diretamente influenciados pelos fatores que compõe a física do solo que podem ser manejados para atender à demanda das espécies cultivadas e corrigir características deficitárias nos solos, como é realizada com o manejo químico, ao adotar um programa de correção de acidez e adubação (GIRARDELLO et al., 2014).

Ao corrigir apenas os aspectos nutricionais de um solo, a diferença na produtividade das culturas não é explicada suficientemente por seus níveis nutricionais, pois fatores como a resistência à penetração podem limitar a produtividade dos mais diferentes cultivos agrícolas (SANTI et al., 2009).

Um dos grandes desafios da agricultura moderna, com a adoção de técnicas conservacionistas, como é o caso da semeadura direta, que alia a mínima movimentação do solo com o intenso tráfego de maquinários é gerar soluções para conduzir um bom manejo do solo e manter suas propriedades físicas. Sendo assim, devem-se ajustar alternativas para que o solo se mantenha resistente às pressões sofridas pela mecanização agrícola e ao mesmo tempo, garanta o crescimento adequado de raízes e assim assegurar a produtividade dos cultivos (REICHERT et al., 2003).

A porosidade de um solo é o seu fator mais sensível às intervenções nele realizadas, influenciando nas relações entre o solo-água-planta, O acesso à

água e aos nutrientes pelas culturas depende de fatores internos da própria planta, como a idade, espécie vegetal, estado nutricional, sanidade, entre outros. Porém, em grande parte, o solo controla a quantidade de água e nutrientes que podem chegar até a planta e até mesmo a taxa de crescimento radicular para ocupação de do solo, de modo que a absorção de água e nutrientes seja facilitada (GUBIANI; REICHERT; REINERT, 2014).

Segundo Bissani et al. (2004) a absorção dos nutrientes pode ser via interceptação radicular, difusão ou por fluxo de massa, a quantidade de nutrientes supridos via interceptação radicular é pequena, tendo em vista que o sistema radicular das principais culturas explora pouco mais de 2% do volume total de poros do solo, tornando a difusão de fósforo e potássio um importante mecanismo de suprimento para estes elementos. Para Bengough et al. (2011), a taxa de difusão de determinado nutriente é diretamente proporcional à umidade do solo, pois quando há o aumento na umidade diminui a interação entre nutrientes e os colóides além de redução da trajetória para a difusão.

Desta forma, sistemas de manejo que melhorem a organização dos poros do solo, bem como atuem na capacidade de retenção de água, facilitariam o processo de difusão, além de melhorar o crescimento e contribuir para o aumento de área superficial das raízes (GUBIANI; REICHERT; REINERT, 2014).

O uso adequado do escarificador em preparo reduzido provoca o mínimo de mobilização, deixando depositado o máximo de resíduos sobre o solo, favorecendo a melhor estruturação deste ambiente, bem como contribuindo para a melhor distribuição da matéria orgânica e criação de macro e microporos, além de permitir menores perdas por erosão e maior capacidade de retenção de água pelo solo, favorecendo os mais variados cultivos agrícolas (BELLÉ et al., 2014).

Os escarificadores são importantes, pois possuem papel estratégico, que além do preparo primário do solo, apresentam características que lhe conferem a capacidade de eliminar plantas invasoras e revolver o solo, a fim de se conseguir condições favoráveis à semeadura das culturas. Além disso, trabalham na camada superficial até no máximo 30 cm de profundidade e são considerados mais ágeis que os subsoladores. Escarificadores são eficientes para o uso em preparo conservacionista, possibilitando espaçamentos ajustáveis das hastes, a mais de 30 cm possibilitando a utilização de ferramentas mais espaçadas e a maiores profundidades de trabalho (CARDUCCI et al., 2014; SILVA et al., 2015).

Costa et al. (2009) constataram que diferentes manejos na pastagem de inverno, como pastejo, roçada ou até mesmo a remoção do azevém não afetaram as propriedades físicas do solo, entretanto, a utilização do arado ou escarificador, reduziu os teores de carbono orgânico total, aumentou a porosidade e aeração, quando comparada ao sistema de semeadura direta.

Nunes et al. (2014) verificaram em nitossolo sob plantio direto que a escarificação não aumentou a produtividade de grãos, seus efeitos sob a estrutura do solo não persistem por mais de 18 meses. Desta forma, mesmo em solo argiloso não se verifica efeito positivo da escarificação e sua utilização deve ser criteriosa, principalmente em solos com arenosos, como os da região do oeste paulista.

O uso continuado do sistema de integração lavoura-pecuária pode promover alterações em atributos físicos do solo, como aumento da densidade, diminuição da porosidade, bem como refletir na produtividade das culturas semeadas em sucessão à pastagem (VEIGA et al., 2012).

REFERÊNCIAS

- ABURJAILE, S. B. et al. Pesquisa e caracterização da diversidade microbológica do solo, na região de São José do Buriti–MG, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa (Cerrado) por plantações de eucalipto. **Ciência Equatorial**, v. 1, n. 2, 2011.
- ALCÂNTARA, M. M. D. et al. Avaliação da atividade enzimática de solos de sistemas de floresta primária-pastagem de Marabá (PA). In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9. **Anais...** 19 a 21 de outubro de 2011. Disponível em: <[http://www.proped.ufra.edu.br/attachments/072_AVALIA%C3%87%C3%83O%20A%20ATIVIDADE1RIA-PASTAGEM%20DE%20MARAB%C3%81%20\(PA\).pdf](http://www.proped.ufra.edu.br/attachments/072_AVALIA%C3%87%C3%83O%20A%20ATIVIDADE1RIA-PASTAGEM%20DE%20MARAB%C3%81%20(PA).pdf)> Acessado em: 27 nov. 2015.
- ALVES, T. S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.
- ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 1191-1198, 2004.
- 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.
- ARAÚJO, R. et al. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1099-1108, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p.66-75, 2007.
- BALOTA, E. L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BALOTA, 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. 2013. v. VIII, p. 189-250.
- BARROS, R. P. Diversidade de fungos em um vertissolo com adição de vinhaça na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Uniabeu Belford Roxo**, v. 5, n. 10, p. 181-196, 2012.

BENGOUGH, A.G. et al. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 59-68, 2011.

BELLÉ, M. P. et al. Demanda energética e mobilização do solo com o uso de escarificadores em sistemas de semeadura direta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 18, n. 5, p. 551-558, 2014.

BEZERRA, F. B. et al. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 469-476, 2006.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. 328p.

BONJORNO, I. I. et al. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, 2011.

BRANDELERO, E. M.; ARAÚJO, A. G.; RALISCH, R. Coverage mobilization in the sowing line and its influence on temperature and water content and on maize emergence. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 1, p. 98-108, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>> Acessado em: 20 out. 2015.

CAMARGO, D.; BISPO, K. L.; SENE, L. Associação de *Rhizobium* sp. a duas leguminosas na tolerância à atrazina. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 425-431, 2011.

CARDOSO, D. P. et al. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 375-382, 2013.

CARDOSO, D. P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CARDUCCI, C. E. et al. Spatial distribution of coffee roots and pores of two Latosols under conservationist management. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 270-278, 2014.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

CASÃO JUNIOR, R. et al. **Plantio direto no Sul do Brasil**: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p.

- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1381-1396, 2007.
- CHERUBIN, M. R. et al. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no sul do Brasil. **Global Science Technololy**, Rio Verde, v. 07, n. 01, p.76-85, jan/abr. 2014.
- COLODRO, G. et al. Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 195-198, 2007.
- CONAB. **Safra 2016**. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_29_15_12_51_boletim_graos_julho_2016.pdf> Acessado em: 26 ago. 2016.
- CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 893-900, 2003.
- CORDEIRO, M. A. S. et al. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em rotação no sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1794-1803, 2012.
- CORRÊA; M. C. M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1159-1163, 2001.
- COSTA, A. et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 235-244, 2009.
- COSTA, M. D.; LOVATTO, P. E. Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 603-605, 2004.
- CUNHA, G. M. et al. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanhas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1175-1185, 2009.
- CUNHA, E. Q. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.
- CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 603-611, 2011.

DANTAS NETO, J. et al. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2006.

D'ANDRÉA, A. F. et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 913-924, 2002.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011.

EMBRAPA. **Sistema Plantio Direto (SPD)**. [2012]. Disponível em: http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/sistema_plantio_direto.pdf. Acesso em: 12 nov. 2015.

EVANGELISTA, C. R. et al. Atividade enzimática do solo sob sistema de produção orgânica e convencional na cultura da cana-de-açúcar em Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1251-1262, 2012.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERREIRA, R. L. et al. Glifosato em pós-emergência na soja Roundup Ready®. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 151-161, 2013.

FIGUEIREDO, J. E. F.; SILVA, J. A. A.; KARAM, D. **Efeito In Vitro de Glifosato sobre Rizobactérias do Gênero *Bacillus* spp.** Sete Lagoas: Embrapa, 2013. 7p. Circular Técnica, 191.

FIGUEIREDO, M. V. B. et al. Fatores bióticos e abióticos à fixação biológica de N₂. **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 39-64.

GAJDA, A. M.; PRZEWŁOKA, B.; GAWRYJOŁEK, K. Changes in soil quality associated with tillage system applied. **International Agrophysics**, v. 27, n. 2, p. 133-141, 2013.

GALON, L. et al. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo cultivado com diferentes genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 47-57, 2014.

GIANCOTTI, P. R. F.; NEPOMUCENO, M. P.; ALVES, P. L. C. A. Desiccation periods of *Urochloa brizantha* 'piatã' before sunflower sowing. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 6, p. 118, 2013.

- GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.
- GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; DIACK, M. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: optimization for soil samples. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 4, p. 693-701, 2006.
- GREGORICH, E.G. et al. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 74, n. 4, p. 367-385, 1994.
- GU, Y.; WAG, P.; KONG, C. Urease, invertase, dehydrogenase and polyphenoloxidase activities in paddy soils influenced by allelopathic rice variety. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, p. 436-441, 2009.
- GUBIANI, P.I.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Interação entre a disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 765-773, 2014.
- HUNGRIA, M. et al. Inoculant preparation, production and application. In: **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment**. Netherlands: Springer, 2005. p. 223-253.
- JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.
- JANEGITZ, M. C.; INOUE, B. S.; ROSOLEM, C. A. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, p. 1381-1386, 2013.
- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. **Soil Biol Biochem.**, v. 5, p. 415-471, 1981.
- KRENCHINSKI, F. H. et al. Dessecação de espécies de cobertura do solo com formulações de glifosato. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 104-111, 2013.
- 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.
- LANCASTER, S. H. et al. Effects of repeated glifosato applications on soil microbial community composition and the mineralization of glifosato. **Pest Management Science**, Sussex, v. 66, n. 1, p. 59-64, 2010.
- LANE, M. **The effect of glifosato on soil microbial communities**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado) - The Ohio State University, Ohio, 2011.

LIMA, S. A. A. et al. Influência da adubação mineral sobre três cultivares de cana-de-açúcar na microrregião de Guarabira na Paraíba. **Agropecuária Técnica**, v. 27, n. 2, p. 92–99, 2006.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2009. 115 p.

LOURENTE, E. R. P. et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.

LUDWIG, M. P. et al. Soybean plant stand in conventional cultivars and Roundup Ready™. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 305-313, 2011.

MACHADO, P. A. S. et al. Parâmetros nutricionais e produtivos em bovinos de corte a pasto alimentados com diferentes quantidades de suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1303-1312, 2011.

MAGALHÃES, P. C. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2013. (Circular técnica, 22). Disponível em:
<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2002/circular/circ_22.pdf>
Acessado em: 22 nov. 2015.

MAZURANA, M. et al. Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 288-296, 2013.

MENDES, I.C. et al. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 435-443, 2003.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MENDONZA, H. N. S. et al. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 201-207, 2000.

MORAIS, T. P. et al. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada. **Ceres**, v. 62, n. 6, 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

NAKATANI, A. S. et al. Fixação biológica do nitrogênio em soja transgênica e aplicação de glifosato durante três safras consecutivas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. Ciência do solo, para que e para quem? **Anais...** Florianópolis: SBCS: EPAGRI, 2013.

NAKATANI, A. S. et al. Effects of the glifosato-resistance gene and of herbicides applied to the soybean crop on soil microbial biomass and enzymes. **Field Crops Research**, v. 162, p. 20-29, 2014.

NEPOMUCENO, M. P. et al. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, p. 557-565, 2012.

NOFFS, P. S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica**: Uma experiência da CESP - Companhia Energética de São Paulo. 2011. (Caderno, 3). Disponível em: http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/rec_20areas_20mata_20atlantica.pdf> Acesso em: 27 maio 2016.

NUNES, M. R. et al. Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 531-539, 2014.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434 p.

PACHECO, L. P. et al. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1787-1799, 2011a.

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

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.

PEREIRA, A. A. et al. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1397-1412, 2007.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, p.1-13, 2011.

REICHERT, J. M. et al. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

RICCE, W. S.; ALVES, S.J.; PRETE, C.E.C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1220-1225, 2011.

SANTI, A. L. et al. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, v. 129, n. 1, p. 24-30, 2009.

SANTOS, J. B. et al. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 869-875, 2007.

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, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂). Seropédica: Embrapa, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 99.)

SILVA, G. S. et al. Impacto de sulfentrazone, isoxaflutol e oxyfluorfen sobre a microbiota de dois solos florestais. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.3, p. 292-299, 2014.

SILVA, R. P. et al. **Compactação do solo, escarificação e subsolagem**. 2015. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/ROUVERSONPEREIRADASILVA/apostila-compactacao-subsolador-e-escarificador.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2015.

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, M. F. P. et al. Atributos químicos do solo e fosfatase ácida do feijoeiro em decorrência do uso de fertilizante fosfatado e plantas de cobertura. **Global Science and Technology**, v. 07, n. 03, p.76-86, 2014.

STONE, L. F. et al. Correlação entre a produtividade do feijoeiro no sistema de produção orgânica e atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2013.

TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.497-505, 2010.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 421-428, 2008.

VEIGA, M. et al. Atributos de solo e de plantas afetados pelo manejo da pastagem anual de inverno em sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, 2012.

VENCATO, A. Z. et al. **Anuário Brasileiro da Soja 2010**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2010. p. 144.

VERES, Z. et al. Dehydrogenase activity in a litter manipulation experiment in temperate forest soil. **Acta Silvatica et Lignaria Hungarica**, v. 9, n. 1, p. 25-33, 2013.

VEZZANI, F. M. et al. Matéria orgânica e qualidade do solo. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. A. (eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 113-136.

VICENTE, G. C. M. P.; ARAÚJO, F. F. Uso de indicadores microbiológicos e de fertilidade do solo em áreas de pastagens. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 137-146, 2013.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2012.

WOLIŃSKA, A.; STĘPNIEWSKA, Z. Dehydrogenase activity in the soil environment. **INTECH Open Access Publisher**, 2012.

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

ZANDONÁ, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 45, p. 128-137, 2015.

ZATORRE, N. P. et al. 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>> Acessado em: 27 out. 2015.

ZHANG, N. et al. Pedogenic carbonate and soil dehydrogenase activity in response to soil organic matter in *Artemisia ordosica* community. **Pedosphere**, 20, p. 229-235, 2010.

ZILLI, J. E. et al. Efeito de glifosato e imazaquin na comunidade bacteriana do rizoplane de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e em características microbiológicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 633-642, 2008.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glifosato em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195-205, 2011.

2 ARTIGO 1

Indicadores de qualidade de solo em função de emprego da escarificação e dessecação antecipada da pastagem anterior à soja

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar épocas de dessecação da pastagem anterior ao cultivo da soja, associada com intervenção física (escarificação), nas características químicas, físicas e biológicas no solo, em sistema de integração lavoura pecuária. O experimento foi desenvolvido em solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico. A área experimental estava ocupada com a espécie *Urochloa brizantha* (cv Marandu) com cinco anos de implantação. O delineamento experimental foi em faixas subdivididas, constituindo um fatorial duplo, 5x2. As parcelas foram constituídas por cinco épocas de dessecação da pastagem (150 DAS - dias antes da semeadura da soja; 120 DAS; 60 DAS; 30 DAS e 15 DAS) e as subparcelas, com e sem escarificação do solo. Foram cultivados soja e milho em duas safras consecutivas, sendo coletadas amostras de solo ao início e final de cada cultivo para análises microbiológicas, químicas de fertilidade e físicas. Os maiores períodos de dessecação antecipada da pastagem proporcionaram ganhos na atividade microbiana no solo, no primeiro ano de cultivo da soja e milho, dentro do sistema de integração. Houve acréscimos de N microbiano no solo, proporcionado pela dessecação antecipada. Nessa condição, também ocorreram alterações em indicadores de fertilidade do solo como: pH, alumínio e potássio no solo, com valores próximos aos recomendados ao cultivo da soja. No segundo ano de cultivo da soja e milho as diferenças nos indicadores de qualidade foram menores, comparadas ao primeiro ano de cultivo.

Palavras-chave: Integração Lavoura Pecuária, Sistema semeadura direta, Atividade biológica.

Indicators of soil quality in employment due to the scarification and anticipated desiccation of the previous pasture to soybean

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate drying times of the previous pasture to soybean cultivation, associated with physical intervention (scarification), the chemical, physical and biological characteristics of the soil within the livestock farming system integration. The experiment was conducted in soil classified as Acrisol dystrophic. The experimental area was occupied by the species *Urochloa brizantha* (cv Marandu) with five years of implementation. The experimental design was a split tracks, constituting a double factorial 5x2. The plots consisted of five periods of desiccation of grassland (150 DBS - days before soybean sowing; 120 DBS, 60 DBS, 30 DBS and 15 DBS) and the subplots, with and without soil scarification. Were grown two production cycles of soybean and maize, soil samples being collected at the beginning of each production cycle for biological, chemical and physical analysis of fertility. The higher periods of early desiccation of pasture provided gains in soil microbial activity, not the first year of soybean and corn cultivation, within the integration system. There were increases of microbial N in the soil, provided by the anticipated desiccation. In this condition, it can also be modified for fertility purposes such as: pH, aluminum and potassium in the soil, with values recommended for soybean cultivation. In the second year of cultivation of soybean and corn, the increases in quality indicators were lower, comparing to the first year of cultivation.

Palavras-chave: No-tillage System, System Crop-Livestock Integration, Biological activity.

Introdução

No Brasil, os processos de degradação de pastagens têm sido atribuídos, como causa importante de prejuízos econômicos e ambientais da atividade (DIAS-FILHO, 2011). De acordo com Macedo (2014) os principais motivos da degradação de pastagens estão diretamente associados, principalmente, pela falta de reposição de nutrientes e correção do solo.

O processo de recuperação de áreas degradadas é lento Sampaio et al. (2012) recomendam a adição de resíduos orgânicos, como condicionador do solo, que podem ser conseguidos através da rotação de culturas, com espécies de diferentes sistemas radiculares, com o intuito de explorar vários níveis do perfil do solo. Machado et al. (2011) afirmam que uma das alternativas para a recuperação das áreas de pecuária é a utilização da integração com a agricultura, que proporciona aos produtores o aumento da lucratividade com a produção de grãos, diminuindo os custos.

A cobertura do solo pela palhada é um dos fatores mais limitantes para a adoção do sistema de semeadura direta, principalmente pela baixa produção da fitomassa na entressafra e pela decomposição acelerada dos resíduos. Portanto, nessas condições, o uso de espécies com decomposição mais lenta representa uma estratégia para aumentar a eficiência da cobertura do solo (MENEZES; LEANDRO, 2004).

A decomposição e a liberação dos nutrientes, das palhadas originárias das plantas, são determinadas principalmente pela relação C/N, sendo uma característica discriminatória entre gramíneas e leguminosas. Neste sentido é importante a rotação destas espécies, para que haja um equilíbrio entre fornecimento de nutrientes e formação de palhada sobre a superfície do solo, possibilitando uma cobertura adequada ao solo e, conseqüentemente, a deposição de matéria orgânica e nutrientes no solo, proveniente dos resíduos (TEIXEIRA et al., 2010; KRENCHINSKI et al., 2013).

Para o desenvolvimento do sistema de semeadura direta, com frequência se utilizam herbicidas, que têm a função de dessecação da vegetação, (plantas de cobertura ou espontâneas) e, também, de controle das plantas espontâneas que surgem durante o desenvolvimento da cultura comercial (BONJORNO et al., 2011).

Segundo Aratani et al. (2009), a qualidade do solo agrícola tem sido estudada, principalmente, abordando três componentes: físicos, químicos e biológicos, que são de grande importância nas avaliações da degradação ou melhoria do solo ao longo dos anos de cultivo e para monitorar a sustentabilidade dos sistemas de manejo empregados. O objetivo é obter uma ferramenta, para avaliar principalmente a qualidade das práticas de manejo empregadas na produção agrícola, visando à sustentabilidade da agricultura e a preservação do ambiente (VEZZANI et al., 2008).

Quando as culturas são manejadas com a manutenção de resíduos em sua superfície, contribuem para uma melhoria na estruturação dos solos, que podendo estar relacionada ao aumento da estabilidade dos agregados (ação cimentante da matéria orgânica, efeito dos polissacarídeos de hifas de fungos), aumento da capacidade de retenção de água, aumento da porosidade, melhor aeração, menores perdas de água por evaporação e diminuição da densidade pelo efeito da matéria orgânica (LOURENTE et al., 2011).

Os microrganismos se enquadram como bioindicadores na qualidade do solo, pois a atividade biológica que exercem é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 20 cm (ARAUJO et al., 2016). Neste perfil, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5% do volume total do solo e representa menos que 10% da matéria orgânica (BARROS, 2012).

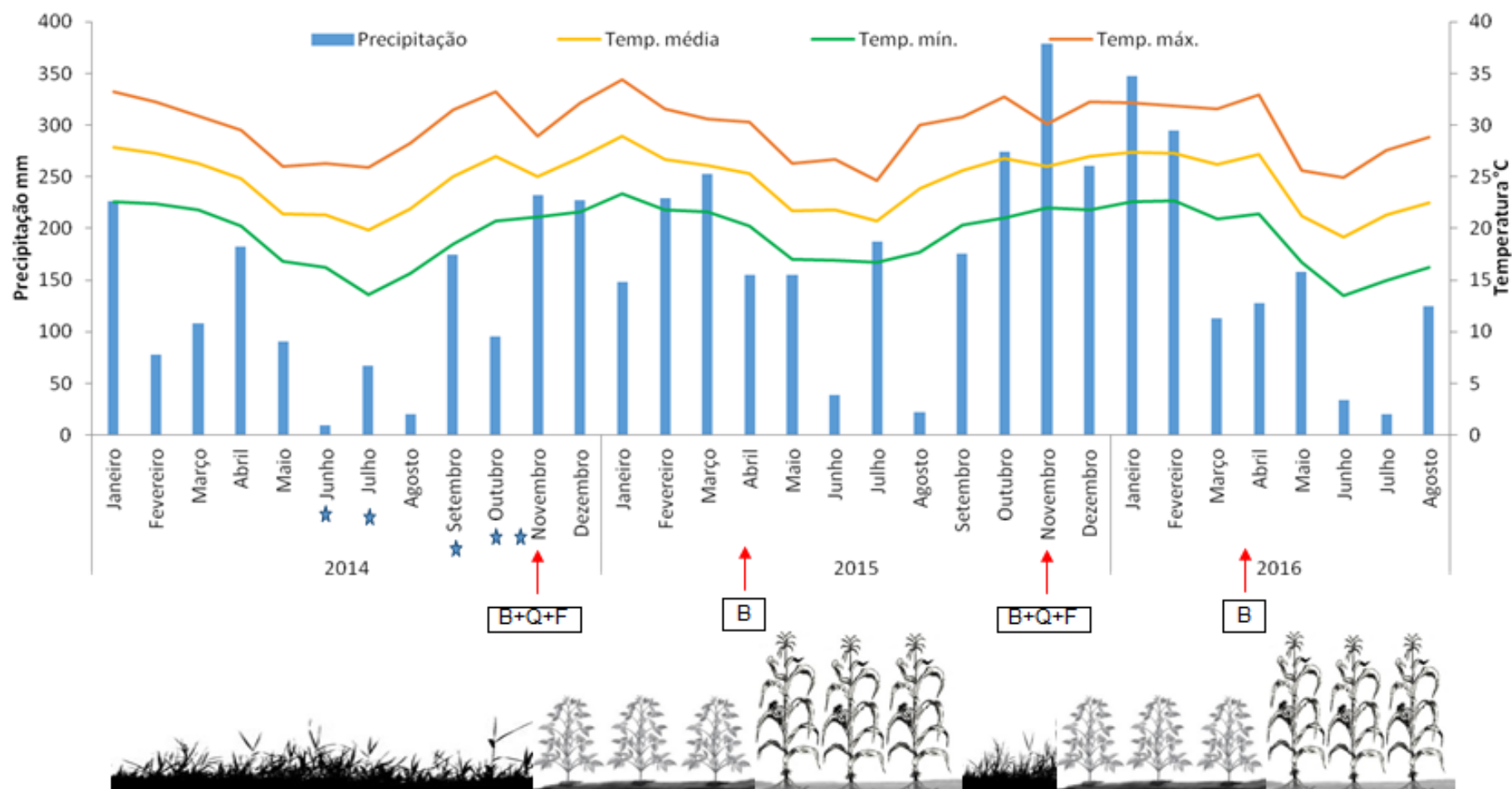
O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar épocas de dessecação da pastagem anterior ao cultivo da soja, associada com intervenção física (escarificação), nas propriedades químicas, biológicas e físicas do solo, dentro do sistema de integração lavoura pecuária.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no município de Presidente Bernardes-SP, em solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). 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 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 juntamente com os períodos de coleta de amostras do solo estão apresentados na figura 1.

FIGURA 1 - Condições climáticas registradas na condução do experimento



★ Intervenções das épocas de dessecações.
 B+Q+F = Realização das análises biológicas, químicas e físicas.
 B= Realização das análises biológicas.
 Fonte: Dados Meteorológicos Cuiabá 2016
 Nota: Dados trabalhados pelo autor.

Antes da implantação do experimento, em 20 de janeiro de 2014 foi realizada a caracterização química do solo até a profundidade 0-20 cm. Obtendo-se os valores de: matéria orgânica, 14 g dm^{-3} ; pH (CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$) 5,2; P (resina), $1,7 \text{ mg dm}^{-3}$; K, Ca e Mg trocáveis de 0,9, 10,1 e $9,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, acidez total em pH 7,0 (H + Al) de $19,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, capacidade de troca de cátions total (CTC) de $39,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, saturação por bases de 50,6. Quanto aos micronutrientes, os valores para Fe, Cu, Mn, Zn e B foram 19,3; 2,0; 2,1; 0,8 e $0,16 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente.

A área experimental estava ocupada com a espécie *Urochloa brizantha* (cv Marandu) com cinco anos de implantação, porém, com baixa capacidade de produção de forragem e baixa capacidade de suporte animal. Antes da instalação do experimento, no dia 30/01/2014 foram aplicadas na área $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico e $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso de acordo com o recomendado por Raij et al. (1997).

O delineamento experimental foi em faixas subdivididas, constituindo um fatorial duplo. As parcelas foram constituídas por cinco épocas de dessecação da pastagem (150 DAS - dias antes da semeadura da soja; 120 DAS; 60 DAS; 30 DAS e 15 DAS) e as subparcelas, com e sem escarificação do solo. Cada faixa possuía largura de 8 metros, por 40 metros de comprimento, espaçadas umas das outras por 3 metros. O experimento foi conduzido com quatro repetições.

A escarificação do solo foi realizada no dia 26/02/2014 a uma profundidade de 30 cm, com a utilização de um equipamento subsolador denominado "mata-broto", equipamento de arraste com 2,75 m de largura de trabalho fabricado pela empresa Ikeda, que corta horizontalmente o solo, com hastes "tandem", com reduzido revolvimento superior do solo.

A dessecação das faixas experimentais foi efetivada com a aplicação do produto glifosato, na dosagem de 5 L ha^{-1} , com volume de calda de 250 L ha^{-1} . As faixas dessecadas previamente (150 e 120 DAS) foram novamente dessecadas aos 15 DAS para controle de plantas espontâneas.

Para a determinação da matéria seca da palhada, coletaram-se todas as porções da pastagem contida em uma área de $0,16 \text{ m}^2$ (com quatro repetições). A coleta foi de forma aleatória dentro da área útil das parcelas, realizada no dia anterior a semeadura da soja.

Foram cultivados soja e milho consorciado com pastagem durante dois anos, sendo a soja na safra 2014/2015 (instalada após os períodos de dessecação

da pastagem), o milho semeado em conjunto com *Urochloa brizantha* (cv Marandu), após a colheita da soja, correspondente a safrinha de 2015; a soja safra 2015/2016 e o milho safrinha de 2016 associado com *Urochloa brizantha* (cv Marandu).

Em 2014 o cultivar de soja utilizada foi a TMG 1264 RR, semeada em 29 de novembro, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e distribuição de 15 sementes por metro linear. As sementes receberam tratamento com Standak® (fipronil) e Maxim XL® (metalaxil-M + fludioxonil) nas dosagens recomendada pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 250 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10; também foi realizada uma adubação de cobertura com cloreto de potássio, no dia 27 de dezembro de 2014, aos 20 DAE (dias após a emergência), na dosagem de 125 kg ha⁻¹.

A inoculação foi realizada no momento da semeadura, utilizando-se semeadora com reservatório para aplicação de inoculante líquido em jato dirigido no sulco de semeadura. Foram utilizados 800 mL do produto Masterfix L por hectare, que continha as estirpes: SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) com 5 bilhões de células viáveis mL⁻¹, aplicando um volume de calda de 50 L ha⁻¹ no sulco de semeadura.

O cultivar de milho híbrido utilizado em 2015, foi o SYN 7205 TL TG Viptera, com tratamento de semente com os agroquímicos Vitavax Thiram 200 SC® (Carboxina + Tiran) e Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe) nas dosagens recomendada pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 250 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10, sendo utilizado o espaçamento de 0,70 m entre linhas, com a deposição de 4,2 sementes por metro linear. Após a operação de semeadura do milho, foi distribuído a lanço com uma moto semeadora 4 kg ha⁻¹ sementes de *Urochloa brizantha* (cv Marandu).

Em 2015 o cultivar de soja utilizada foi a RK 72141 Pro RR, semeada em 10 de novembro, com tratamento de semente, com Vitavax Thiram 200 SC® (Carboxina + Tiran) e Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe) nas dosagens recomendada pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 313 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10. Com espaçamento de 0,45 m e distribuição de 15 sementes por metro linear. Foi realizado o mesmo procedimento de inoculação de sementes realizado em 2014.

Em 2016 o cultivar de milho híbrido utilizado foi o SYN 7205 TL TG Viptera. O tratamento de semente foi realizado com Vitavax Thiram 200 SC®

(Carboxina + Tiran) e Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe) nas dosagens recomendadas pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 320 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10, sendo utilizado o espaçamento de 70 cm entre linhas, com a deposição de 4,2 sementes por metro linear. A seguir, sementes de *Urochloa brizantha* (cv Marandu) foram distribuídas a lanço com uma moto semeadora, na quantidade de 4 kg ha⁻¹.

A cada início de safra foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-10 cm, em quatro pontos, que homogeneizadas constituíram uma amostra, em um total de quatro amostras por tratamento, encaminhadas para o laboratório, onde passaram por peneiramento e adequação de umidade para condição de capacidade de campo e seguida foram encaminhadas, para análises biológicas de: carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (FERREIRA et al., 1999; TEDESCO et al., 1995), atividade enzimática da desidrogenase (VAN OS; GINKEL, 2001) e fosfatase ácida (TABATABAI, 1994), respiração basal do solo (JENKINSON; POWLSON, 1976), quociente metabólico (calculado a partir da razão entre o C-CO₂ liberado pela respiração do solo pelo carbono da biomassa microbiana) (ANDERSON; DOMSCH, 1993) e microbiano (calculado a partir da relação entre o carbono da biomassa microbiana com carbono orgânico total do solo) (SPARLING, 1992) e ao final do experimento a atividade da hidrólise de diacetato de fluoresceína (CHEN et al., 1988).

No início de cada safra de soja foram coletadas amostras na profundidade de 0-10 e 10-20 cm, em quatro pontos, que homogeneizadas constituíram uma amostra, totalizando quatro amostras por tratamento, para análises de fertilidade do solo, realizadas segundo a metodologia de Raij (2001).

Ao final do ciclo produtivo, foram coletados seis metros lineares, retirando três linhas de plantas, para a estimativa de produtividade da soja, todas as avaliações realizadas com quatro repetições. Para a determinação da produtividade do milho, a amostragem ocorreu em nove metros lineares, retirando três linhas de plantas, com quatro repetições, as produtividades dos quatro ciclos produtivos foram somadas para a obtenção da produtividade acumulada de grãos na área.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) teste F, e comparação entre médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

Resultados e discussão

A dessecação prévia da pastagem realizada aos 15 dias antes da semeadura da soja (DAS) proporcionou maior massa seca em cobertura sobre o solo, quando comparada aos demais tratamentos conduzidos. Pode ser verificado que a quantidade de palhada no tratamento com 15 DAS produziu o dobro de massa quando comparada ao tratamento com 150 DAS (Tabela 1).

TABELA 1 - Produção de massa seca da palhada de *Urochloa brizantha* (em kg ha⁻¹) dessecada em diferentes épocas anteriores a semeadura da cultura da soja

DAS	P.M.P.
150	4021,6 c
120	4822,0 bc
60	5178,9 b
30	5603,6 b
15	7713,5 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (1%).

Para a efetivação do sistema de semeadura direta, Torres, Pereira e Fabian (2008) afirmam que a eficácia desse manejo está relacionada, entre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura e que isto deve proporcionar condições necessárias para o bom desenvolvimento das plantas. No caso, a quantidade de palha que fica na superfície do solo depende, principalmente, do período de dessecação e das condições climáticas. No tocante da pastagem, a grande vantagem da palhada de braquiária para o sistema é a relação C/N elevada, que mantém o solo coberto por longos períodos (CRUSCIOL; BORGHI, 2007).

Após a dessecação as plantas entram em processo de senescência, se decompondo e liberando os nutrientes para o sistema, desta forma, é necessário conhecer bem esse processo, devido à sua importância em manejo da adubação, pois a quantidade de nutrientes liberada pode ser levada em consideração para o

cálculo da adubação a ser aplicada. Além disso, é importante ter dados sobre a dinâmica dessa liberação, pois há necessidade de se buscar a oferta do nutriente no período de maior demanda da planta, encontrando-se a melhor época, após a dessecação da pastagem, para o início dos cultivos seguintes (SANTOS et al., 2014).

Balbinot Junior et al. (2011) em avaliação com épocas de dessecação de azevém anteriores ao cultivo de feijão, soja e milho, observaram que dessecações próximas à semeadura destas três culturas conferiram maior quantidade de palha sob o solo no momento da semeadura, entretanto, reduziram o crescimento das plantas.

Na avaliação de fertilidade do solo, a época de dessecação da pastagem afetou significativamente apenas os valores de pH, H+Al e potássio do solo encontrados na camada de 0 a 10 cm. A utilização da escarificação também proporcionou mudanças nesses valores. Já na camada de 10 a 20 cm, os teores dos elementos avaliados não sofreram influência dos tratamentos conduzidos (Tabela 2).

TABELA 2 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da análise química do solo retiradas na ocasião da semeadura da soja na safra 2014/2015, após dessecações da pastagem e intervenção física

Profundidade	F.V.	G.L	pH	M.O	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
			(CaCl ₂)	(g dm ³)	(mg dm ³)	----- (mmol _c dm ³) -----						
0-10cm	Época	4	18,74*	4,22 ^{ns}	3,02 ^{ns}	41,84**	37,53**	4,53 ^{ns}	8,60 ^{ns}	3,14 ^{ns}	2,14 ^{ns}	2,15 ^{ns}
	Escarif.	1	10,79*	0,04 ^{ns}	3,81 ^{ns}	28,98**	10,12*	0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,76 ^{ns}
	Ép. * Escarif.	4	9,11*	3,80 ^{ns}	1,20 ^{ns}	25,42**	4,81 ^{ns}	1,31 ^{ns}	2,76 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,10 ^{ns}
	C.V.(%) ¹		1,83	13,39	30,02	4,09	12,96	15,87	10,88	18,80	14,97	14,97
	C.V.(%) ²		2,78	13,46	20,41	15,59	17,89	22,98	19,66	21,44	15,64	15,64
10-20cm	Época	4	3,34 ^{ns}	6,87 ^{ns}	1,54 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,00 ^{ns}	8,35 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,60 ^{ns}	2,87 ^{ns}	2,20 ^{ns}
	Escarif.	1	9,39 ^{ns}	3,87 ^{ns}	2,05 ^{ns}	7,19 ^{ns}	1,83 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,71 ^{ns}	7,77 ^{ns}	7,12 ^{ns}
	Ép. * Escarif.	4	0,62 ^{ns}	2,64 ^{ns}	2,79 ^{ns}	2,73 ^{ns}	1,66 ^{ns}	3,41 ^{ns}	1,90 ^{ns}	7,90 ^{ns}	4,05 ^{ns}	4,22 ^{ns}
	C.V.(%) ¹		3,20	11,25	64,43	37,15	81,06	16,07	22,39	14,39	16,20	15,86
	C.V.(%) ²		3,63	15,90	65,63	34,45	91,12	17,16	21,39	18,35	19,10	15,29

** 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.

Os valores de pH do solo foram maiores com a antecipação da dessecação (150 DAS), nos tratamentos sem escarificação, enquanto a dessecação mais tardia, dos 15 DAS, resultou em valores mais baixos de pH do solo (Tabela 3).

O fato da elevação do pH proporcionado pela adição de material vegetal, pode ser atribuído a capacidade de neutralização da acidez do solo proporcionado pela decomposição dos resíduos vegetais, sendo associada aos seus teores de cátions e carbono orgânico solúvel (MIYAZAWA; FRANCHINI; PAVAN, 2000). Amaral et al. (2000), também constataram que a utilização de resíduos vegetais na superfície do solo favorece a elevação do pH e a redução do alumínio tóxico, pela decomposição dos compostos orgânicos das plantas.

Os teores de hidrogênio e alumínio apresentaram reduções quando não houve a intervenção física, a dessecação aos 150 DAS resultou em menores concentrações destes elementos. Com o uso do escarificador, a maior concentração de H+Al foi encontrada no período de 30 DAS, sendo a menor no período de 60 DAS (Tabela 3).

Os teores de potássio, aumentaram nos tratamentos com a dessecação mais antecipada (Tabela 3). Este fato pode ser atribuído à característica do potássio ser muito móvel nas plantas, não sendo constituinte de moléculas orgânicas vegetais, contribuindo em atividades bioquímicas, ativador enzimático, regulador osmótico, fechamento e abertura de estômatos, podendo ser um elemento mais facilmente liberado ao solo devido à decomposição do material vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009). A palhada das plantas de cobertura pode constituir uma fonte considerável deste elemento, que, por meio da ação da água das chuvas, pode proporcionar aumento dos teores do nutriente no solo. A disponibilização de potássio dos resíduos vegetais é maior quando o conteúdo de água nas palhadas diminui, à medida que o processo de senescência aumenta (CALONEGO; FOLONI; ROSOLEM, 2005).

TABELA 3 - Valores do pH (CaCl₂), H+Al (mmol_cdm³) e potássio (mmol_cdm³) na profundidade de 0-10 cm do solo, na ocasião da semeadura da soja 2014/2015, após a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	-----pH-----		-----H+Al-----		----K----
	Com E.	Sem E.	Com E.	Sem E.	
150	6,17 aB	6,45 aA	13,10 bcA	10,55 bB	1,87 a
120	6,22 aA	6,00 bA	12,75 bcA	12,75 aA	1,59 ab
60	5,82 aB	6,20 abA	12,02 cA	12,90 aA	1,12 c
30	5,87 aA	6,02 bA	16,30 aA	12,90 aB	1,16 bc
15	5,87 aA	5,87 bA	14,18 bA	14,67 aA	0,96 c
Média	5,99 B	6,11 A	13,67 A	12,75 B	1,34

Médias seguidas de mesma letra maiúscula indica a comparação entre o uso do escarificador, e minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação significativamente pelo teste Tukey (5%).

No segundo ano de avaliação da fertilidade, observaram respostas significativas nos valores de pH e hidrogênio e alumínio na camada de 0-10 cm, já na camada de 10-20 cm os nutrientes avaliados não apresentaram respostas aos tratamentos realizados (Tabela 4).

Os valores de pH no segundo ano de avaliação do sistema sofreram influência dos períodos de dessecação da pastagem, bem como de sua associação com a escarificação, a utilização da escarificação proporcionou aumento nos valores do pH. Com as épocas de 150, 120 e 60 DAS os valores de pH foram maiores. Já com o uso da intervenção física, a dessecação de 150 DAS aumentou os valores de pH até a profundidade de 10 cm, enquanto a dessecação mais tardia, de 15 DAS, resultou em menores valores de pH (Tabela 5).

TABELA 4 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da análise química do solo retiradas na ocasião da semeadura da soja na safra 2015/2016, após dessecações da pastagem e intervenção física

Profundidade	F.V.	G.L	pH	M.O	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
			(CaCl ₂)	(g dm ³)	(mg dm ³)	------(mmol _c dm ³)-----						%
0-10cm	Época ¹	4	308,77**	5,90 ^{ns}	0,43 ^{ns}	243,64**	1,43 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,51 ^{ns}	5,02 ^{ns}
	Escarif. ²	1	5,44 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,31 ^{ns}	21,05*	6,52 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,03 ^{ns}
	Ép.* Escarif.	4	75,44**	4,29 ^{ns}	0,44 ^{ns}	11,49*	8,54 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,33 ^{ns}
	C.V.(%) ¹		0,77	7,14	58,27	3,40	11,36	31,66	39,60	34,11	27,09	5,92
	C.V.(%) ²		2,67	8,92	43,21	7,83	11,06	28,81	36,80	30,95	24,15	6,81
10-20cm	Época ¹	4	3,04 ^{ns}	4,20 ^{ns}	2,49 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,39 ^{ns}
	Escarif. ²	1	0,21 ^{ns}	2,27 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,44 ^{ns}
	Ép.* Escarif.	4	2,03 ^{ns}	2,32 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,47 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,99 ^{ns}
	C.V.(%) ¹		6,92	5,68	44,60	16,24	17,88	28,35	35,66	28,99	16,43	14,84
	C.V.(%) ²		4,71	9,84	32,03	11,35	22,74	31,06	28,61	27,83	14,46	12,72

** 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.

TABELA 5 - Valores do pH (CaCl₂) e H+Al (mmol_cdm³) do solo, na ocasião da semeadura da soja 2015/2016, após a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	-----pH-----		-----H+Al-----	
	Com Escarif.	Sem Escarif.	Com Escarif.	Sem Escarif.
150	6,52 aA	6,42 aB	10,10 cA	9,27 dA
120	6,32 bA	6,52 aB	9,52 cA	9,77 dcA
60	6,10 cA	6,35 aB	10,27 cA	10,85 cA
30	6,07 cdA	5,80 bB	12,10 bB	13,42 bA
15	5,90 dA	5,65 bB	13,80 aB	15,30 aA
Média	6,18	6,15	11,16 A	11,75 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula indica a comparação entre o uso do escarificador, e minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação significativamente pelo teste Tukey (1%).

Os valores de pH nos dois anos avaliados, foram maiores nas áreas referentes às dessecações ocorridas em épocas mais distantes à semeadura da soja. Os níveis de hidrogênio e alumínio aumentaram quando a data de dessecação se aproximou a data de semeadura do primeiro ciclo produtivo da soja.

O efeito de aumento do pH pode ser atribuído à adsorção de hidrogênio e alumínio na superfície do material vegetal na superfície do solo, e ao aumento no potencial de oxidação biológica através da ação dos ânions orgânicos, sendo a complexação do alumínio por substâncias húmicas da matéria orgânica (CAMARGO, 2006). O aumento dos teores de ácidos orgânicos no solo decorrente da decomposição da pastagem contribui para adsorção de H+Al do solo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

A avaliação dos parâmetros microbiológicos no solo, relacionados com a época de dessecação apresentaram valores altamente significativos ($p < 0,01$) no primeiro ano do experimento, o que não se repetiu no segundo ano (Tabela 6). A escarificação proporcionou menores efeitos significativos nos valores de F sobre os parâmetros microbiológicos analisados.

O carbono da biomassa microbiana do solo - CBMS apresentou incrementos significativos no primeiro ano, para o maior período de dessecação, os maiores aportes ocorreram na área sem a intervenção física (Tabela 7). No segundo

ano, não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos, mas ocorreram maiores incrementos de biomassa nos tratamentos com menores períodos de dessecação, quando comparadas com o ano anterior (Tabela 7).

Os teores de nitrogênio da biomassa microbiana do solo – NBMS, aumentaram na medida em que o período da dessecação foi prolongado, mas não se verificaram diferenças na utilização ou não da escarificação, na avaliação da safra 2014/2015, no ano seguinte, os teores de nitrogênio contido na biomassa microbiana aumentaram em relação ao ano anterior e os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 7).

As dessecações próximas à data da semeadura da soja em primeiro ano proporcionaram maior liberação de CO₂ para a atmosfera, já no segundo ciclo produtivo da cultura, observaram menores valores da respiração do solo (Tabela 7). O quociente metabólico do solo qCO_2 foi maior com as dessecações próximas ao cultivo da soja, sendo em média três vezes maior em relação à dessecação dos 150 DAS, entretanto, no início do cultivo da soja no ano seguinte, os valores de qCO_2 foram reduzidos e mais semelhantes entre os tratamentos conduzidos. A utilização do escarificador aumentou os valores de qCO_2 quando comparados ao não uso do equipamento (Tabela 7).

No primeiro ano de cultivo da soja a não realização da escarificação e os maiores períodos de antecipação da dessecação aumentaram os valores de quociente microbiano do solo ($qMic$). No segundo ano da soja, não houve alteração significativa na maioria dos tratamentos conduzidos (Tabela 7).

TABELA 6 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F do carbono - CBMS e nitrogênio da biomassa microbiana do solo - NBMS, respiração basal do solo - RBS, quociente metabólico - qCO_2 e quociente microbiano - $qMic$, retiradas na ocasião da semeadura da soja na safra 2014/2015, do milho na safra 2015, da soja na safra 2015/2016 e do milho na safra 2016, após dessecações da pastagem e intervenção física

Causas de variação	-----2014/2015-----					-----2015-----			
	CBMS	NBMS	RBS	qCO_2	$qMic$	CBMS	NBMS	RBS	qCO_2
Época	165,25**	1544,74**	53,42**	414,04**	67,33**	69,16**	219,98**	22,33*	554,50**
Escarificação	40,06**	1,20 ^{ns}	1,15 ^{ns}	112,53**	63,60**	3,30 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,08 ^{ns}	40,86**
Época* Escarificação	9,83*	4,39 ^{ns}	0,29 ^{ns}	27,26**	11,37*	1,18 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,68 ^{ns}	14,97*
C.V.(%) ¹	7,17	4,30	9,48	6,22	9,17	8,01	6,51	10,02	4,07
C.V.(%) ²	7,67	9,68	12,42	12,73	16,95	13,61	5,04	10,90	15,49
Causas de variação	-----2015/2016-----					-----2016-----			
	CBMS	NBMS	RBS	qCO_2	$qMic$	CBMS	NBMS	RBS	qCO_2
Época	5,37 ^{ns}	4,02 ^{ns}	0,96 ^{ns}	5,79 ^{ns}	4,29 ^{ns}	4,61 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,94 ^{ns}	6,16 ^{ns}
Escarificação	1,72 ^{ns}	4,20 ^{ns}	7,62 ^{ns}	21,60*	6,00 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,22 ^{ns}	8,95 ^{ns}	22,44*
Época* Escarificação	0,07 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	11,86*	1,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}
C.V.(%) ¹	5,72	7,91	9,99	8,11	4,37	5,83	9,94	9,86	7,83
C.V.(%) ²	5,13	6,67	3,97	4,36	8,92	5,02	13,23	4,16	4,45

** 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.

TABELA 7 - Carbono da biomassa microbiana do solo – CBMS - $\mu\text{g g}^{-1}$, nitrogênio da biomassa microbiana do solo – NBMS - $\mu\text{g g}^{-1}$, respiração basal do solo – RBS em $\text{mg de C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo hora}^{-1}$, quociente metabólico do solo $q\text{CO}_2$ em $\text{mgC-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS} - \text{C h}^{-1}$ e quociente microbiano do solo $q\text{Mic}$ em $\text{mg C-CO}_2 \text{ mg Cmic}^{-1}$ na ocasião da semeadura da soja nas safras 2014/2015 e 2015/2016, após a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

2014/2015									
DAS	CBMS		NBMS	RBS	$q\text{CO}_2$		qMic		
	Com E.	Sem E.			Com E.	Sem E.	Com E.	Sem E.	
150	113,5 aA	108,5 aA	14,31 a	1,78 c	1,55 eA	1,66 cA	1,23 aA	1,33 aA	
120	74,3 bB	96,7 aA	11,51 b	2,34 bc	3,19 dA	2,38 cB	0,98 abB	1,55 aA	
60	60,2 bcA	70,9 bA	7,09 c	2,54 b	4,26 cA	3,54 bB	0,89 abA	0,90 bA	
30	43,4 cB	62,1 bA	4,23 d	3,27 a	7,78 aA	5,08 aB	0,54 cB	0,83 bA	
15	54,6 bcA	58,6 bA	3,00 e	3,32 a	6,17 bA	5,56 aA	0,76 bcA	0,94 bA	
Média	69,2 B	79,9 A	8,03	2,65	4,59 A	3,64 B	0,88 B	1,11 A	
2015/2016									
DAS	CBMS		NBMS	RBS	$q\text{CO}_2$	qMic			
						Com E.	Sem E.		
150		136,2 ^{ns}	15,99 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,58 abA	1,50 aA		
120		131,8	14,75	0,97	0,73	1,69 aA	1,53 aB		
60		128,0	14,01	0,99	0,78	1,43 bA	1,54 aA		
30		123,9	14,40	1,02	0,83	1,51 abA	1,66 aA		
15		121,2	14,00	0,96	0,79	1,46 abB	1,71 aA		
Média		128,2	14,63	0,97	0,76	1,53	1,59		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula indica a comparação entre o uso do escarificador, minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação; ns – não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%). Com E.= Com a utilização do escarificador. Sem E. = Sem a utilização do escarificador.

O CBMS avaliado na ocasião da semeadura do milho em 2015 foi superior no tratamento de dessecação de 150 dias, sem a utilização do manejo físico, a todas as demais épocas avaliadas. O NBMS foi superior no tratamento dessecado aos 150 dias, em relação às demais épocas de intervenção química da pastagem. A avaliação realizada nesse mesmo período em 2016, não detectou alterações significativas entre os tratamentos, aumentando os valores em relação ao primeiro ano (Tabela 8).

Em 2016, na ocasião da semeadura do milho, a respiração basal do solo sofreu pouca alteração resultante dos tratamentos, enquanto os teores de qCO_2 apresentaram aumentos significativos com a intervenção física (Tabela 8). As taxas de respiração basal do solo foram influenciadas apenas durante o primeiro ciclo produtivo da soja e milho, apresentam declínio de seus valores com o passar das avaliações efetuadas (Tabela 7 e 8).

Dentre as análises enzimáticas realizadas apenas a atividade da desidrogenase foi influenciada pelo período da dessecação da pastagem, já a atividade da fosfatase ácida não sofreu influência dos tratamentos realizados (Tabela 9).

TABELA 8 - Carbono da biomassa microbiana do solo – CBMS - $\mu\text{g g}^{-1}$, nitrogênio da biomassa microbiana do solo – NBMS - $\mu\text{g g}^{-1}$, respiração basal do solo – RBS em $\text{mg de C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo hora}^{-1}$ e quociente metabólico do solo $q\text{CO}_2$ em $\text{mgC-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS} - \text{C h}^{-1}$ na ocasião da semeadura do milho nas safras de 2015/2016, após a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

2015					
DAS	CBMS	NBMS	RBS	$q\text{CO}_2$	
				Com E.	Sem E.
150	136,5 a	16,46 a	1,41 b	1,04 dA	1,10 dA
120	110,9 b	12,40 b	1,88 ab	1,66 cA	1,76 cA
60	90,1 bc	9,84 c	2,04 a	2,38 bA	2,17 bB
30	83,4 c	7,87 d	2,19 a	2,81 aA	2,46 abB
15	79,9 c	7,56 d	2,20 a	3,01 aA	2,59 aB
Média	100,2	10,83	1,94	2,18 A	2,01 B
2016					
	CBMS	NBMS	RBS	$q\text{CO}_2$	
150	132,1 ^{ns}	17,77 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,65 ^{ns}	
120	127,8	16,65	0,88	0,69	
60	124,2	16,19	0,91	0,73	
30	120,2	16,29	0,93	0,74	
15	118,6	15,86	0,88	0,78	
Média	124,6	16,55	0,89	0,72	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula indica a comparação entre o uso do escarificador, minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação e ns- não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%).

TABELA 9 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da enzima desidrogenase e fosfatase ácida e hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), retiradas na ocasião da semeadura da soja na safra 2014/2015, do milho na safra 2015, da soja na safra 2015/2016 e do milho na safra 2016, após dessecações da pastagem e intervenção física

Causas de variação	2014/2015		2015		2015/2016		2016		FDA
	Desidro.	Fosfat.	Desidro.	Fosfat.	Desidro.	Fosfat.	Desidro.	Fosfat.	
Época	71,74**	2,14 ^{ns}	81,97**	0,80 ^{ns}	5,06 ^{ns}	10,79 ^{ns}	3,17 ^{ns}	5,29 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Escarificação	0,42 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Época* Escarificação	0,24 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,86 ^{ns}	5,78 ^{ns}	5,29 ^{ns}
C.V.(%) ¹	15,32	13,88	18,01	17,49	15,47	17,89	24,08	6,82	18,25
C.V.(%) ²	17,94	20,27	15,44	23,95	8,53	18,73	21,37	14,67	13,47

** 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.

A atividade da enzima desidrogenase em 2014 foi superior nas áreas cuja dessecação foi realizada aos 150 e 120 dias, diferindo significativamente das demais áreas. Em 2015 as atividades enzimáticas não variaram de acordo com o manejo, porém, aumentaram sua atividade no solo (Tabela 10).

TABELA 10 - Atividade da enzima desidrogenase mg TTF g⁻¹ solo⁻¹ 24h⁻¹ e da fosfatase ácida (ρ -nitrofenol liberado) $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ solo, na ocasião da semeadura da soja nas safras de 2014/2015 e 2015/2016, após a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

	-----2014/2015-----		-----2015/2016-----	
DAS	Desidrogenase	Fosfatase	Desidrogenase	Fosfatase
150	4,87 a	430,3 ^{ns}	6,24 ^{ns}	294,1 ^{ns}
120	4,29 a	452,0	5,23	220,1
60	2,34 b	468,5	5,74	300,4
30	1,95 b	509,3	4,81	389,1
15	1,88 b	429,8	4,66	390,8
Média	3,06	458,0	5,33	318,9

Médias seguidas de mesma letra minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação, ns- não diferiu significativamente pelo teste Tukey (1%).

No primeiro ciclo de cultivo do milho, a desidrogenase se mostrou influenciada pelo período da realização da dessecação da pastagem, apresentando valores muito superiores quando comparadas aos menores períodos de dessecação, enquanto a fosfatase ácida não sofreu influência dos tratamentos conduzidos (Tabela 11). No segundo ano de cultivo não se verificou efeitos significativos nas atividades enzimáticas realizadas no solo.

TABELA 11 - Atividade da enzima desidrogenase $\text{mg TTF g}^{-1} \text{ solo}^{-1} 24\text{h}^{-1}$, fosfatase ácida (ρ -nitrofenol liberado) $\mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ solo e hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) μg hidrolisada 5g^{-1} no solo, na ocasião da semeadura do milho na safra de 2015, após a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física.

DAS	-----2015-----		-----2016-----		
	Desidrogenase	Fosfatase	Desidrogenase	Fosfatase	FDA
150	4,72 a	406,9 ^{ns}	6,89 ^{ns}	471,1 ^{ns}	263,7 ^{ns}
120	3,96 ab	388,4	7,10	444,2	236,7
60	2,76 b	365,0	6,11	423,4	230,1
30	1,19 c	382,4	4,87	463,7	251,1
15	1,20 c	352,7	5,56	489,5	240,5
Média	2,77	379,1	6,11	458,4	244,4

Médias seguidas de mesma letra minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação, ns- não diferiu significativamente pelo teste Tukey (5%).

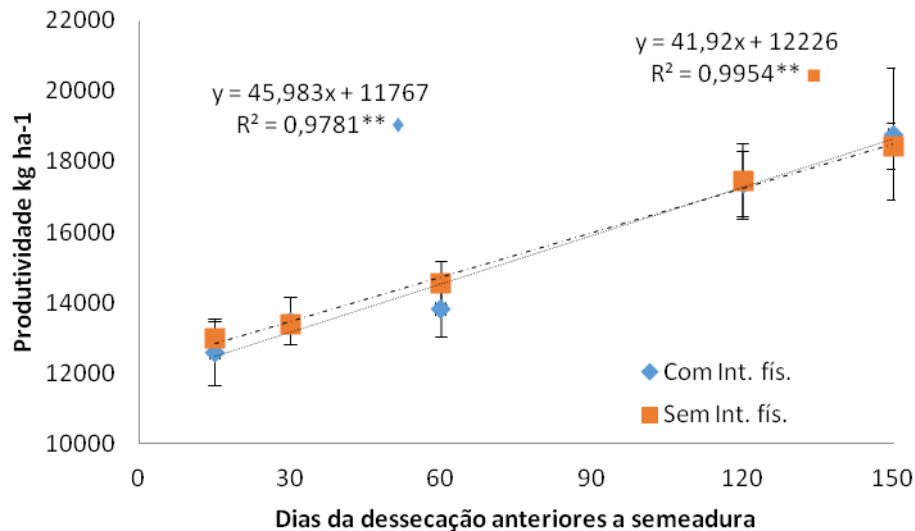
A análise da atividade de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), não apresentou respostas aos tratamentos conduzidos. Assim como relatado por Longo, Ribeiro e Melo (2011) que não encontraram diferenças na FDA em tratamentos com leguminosas para recuperação dos solos.

Błońska, Lasota e Gruba (2016) observaram que a atividade da desidrogenase se relaciona diretamente com o pH do solo, aumentando sua atividade à medida que ocorre a elevação do pH e quanto maior a relação C/N, menor será sua atividade. Os resultados desse estudo mostram que as épocas de dessecações mais antecipadas aumentaram os valores do pH do solo (Tabelas 3 e 7) e, conseqüentemente, aumentaram a atividade da desidrogenase.

De acordo com Luo et al. (2015) a atividade da desidrogenase e o carbono da biomassa microbiana do solo em experimento com duração de 33 anos, foi aumentado significativamente com a adição adubos orgânicos, mais que a própria adição de fontes minerais de nitrogênio, estes autores relatam que os microrganismos estão intimamente relacionados com os teores de nitrogênio no solo. Tomlinson, Savin e Moore Jr. (2015) também verificaram incrementos dos indicadores biológicos, como a desidrogenase, com a adição de nitrogênio ao sistema, até mesmo em baixas quantidades fornecidas.

O rendimento de grãos acumulado de soja e milho nos dois anos, apresentou crescimento linear com ajuste significativo ($P < 0,01$) relacionado com o aumento do período de antecipação da dessecação da pastagem, independente da escarificação (Figura 2). O uso do escarificação não alterou o rendimento de grãos nos diferentes momentos de dessecação, confirmando o que já foi relatado por Nunes et al. (2014) e Girardello (2014) apresentando que a intervenção física com a utilização do escarificador também não proporcionou incrementos de produtividade de milho e soja em sistema de semeadura direta.

FIGURA 2 - Produtividade acumulada de grãos de soja (safra 2014/2015 e 2015/2016) e milho (safra 2015 e 2016), cultivados em áreas previamente dessecadas em diversas épocas associadas a intervenção física com o uso do escarificador.



Fonte: O autor.

A degradação da palhada, proporcionada pela antecipação da dessecação incrementou os teores da biomassa microbiana, mas não alterou a concentração de matéria orgânica no solo (Tabela 2 e 4), isto consolida o uso da biomassa microbiana como indicador mais responsivo de qualidade do solo, refletindo rapidamente as interferências do uso solo, bem como o manejo adotado (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

A utilização da intervenção física diminuiu os valores de CBMS no primeiro ano do experimento (Tabela 7), Cunha et al. (2011) também concluíram que a utilização de revolvimento do solo e sistemas com baixa adição de resíduos vegetais comprometem os estoques de CBMS, influenciando nos compartimentos biológicos e lábeis do solo, atribuindo a importância da disposição de resíduos vegetais no solo para a melhoria de sua atividade biológica. Corroborando com Schmidt et al. (2013) que também verificaram reduções nos estoques de CBMS com a utilização do preparo convencional do solo, que aumenta a exposição da matéria orgânica, com posterior oxidação e diminuição da sua concentração no solo.

Solos manejados em sistema de semeadura direta, podem promover incrementos de 114 e 157%, respectivamente, para o carbono e nitrogênio da

biomassa microbiana, quando comparados a solos cultivados sob sistema de semeadura convencional. Como também as taxas do quociente metabólico podem ser 37% inferiores no sistema de semeadura direta, resultando desta forma em maior eficiência metabólica da microbiota presente no solo nesse sistema de manejo (PEREIRA et al., 2007).

No primeiro ano de cultivo da soja, sem escarificação, verificou-se no maior período de antecipação da dessecação da pastagem incrementos de 88 e 366%, respectivamente, para o carbono e nitrogênio microbianos, com redução da ordem de 52% do quociente metabólico (Tabela 7).

As pastagens contribuem para o acúmulo de CBMS até mesmo quando comparadas às áreas de Mata Atlântica, fator este que ocorre principalmente devido ao extenso sistema radicular destas gramíneas, que conseguem realizar a ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo (LOUREIRO et al., 2016). Esta capacidade de ciclagem de nutrientes pelas pastagens pode justificar aumentos na atividade microbiana após a senescência destas plantas na área do estudo.

É importante ressaltar que a atividade microbiana do solo varia de acordo com o tempo, com a sazonalidade, com o tipo de cobertura do solo, bem como, aos ambientes com deposição de nutrientes, os índices de atividade da biomassa microbiana e atividade enzimática são influenciados positivamente pela entrada de carbono e principalmente pela adição de nitrogênio no sistema (BACH; HOFMOCKEL, 2015; SPOHN, 2015).

A adição de plantas, corretivos, nutrientes, espécies leguminosas, dentro do sistema de produção, estimula o aumento da BMS, aumentando a ciclagem de nutrientes, os teores de matéria orgânica bem como a capacidade produtiva dos solos (ZHOU; WANG, 2015; SINSABAUGH et al., 2015; MORILLAS et al., 2015).

Entre as características qualitativas, a relação C/N da cobertura do solo assume papel preponderante na decomposição e na relação entre mineralização e imobilização de N pela biomassa microbiana, quanto maior o período de dessecação, maior foi o período para a decomposição do material e aumentando conseqüentemente os níveis do nitrogênio (N) presente na biomassa do solo (ACOSTA et al., 2014). Observou-se nos resultados encontrados que o maior período de dessecação contribuiu para aumento da concentração de N no sistema, detectado pela avaliação de N na biomassa microbiana.

Altos valores do qCO_2 significam, na maioria dos casos, que a população microbiana está oxidando carbono intracelular para a sua manutenção e adaptação ao solo, portanto, a comunidade microbiana do solo encontra-se em condições adversas ou estressantes (ALVES et al., 2011). Esta condição foi observada nos períodos mais curtos de dessecação da pastagem nas primeiras avaliações e associadas à intervenção física com a utilização do escarificador.

Nas condições de solos arenosos tem sido muito discutido o aporte de nitrogênio mineral na semeadura da soja, em virtude do baixo estoque desse elemento no solo, principalmente no primeiro ano de cultivo. Isto também tem sido justificado pela dificuldade do estabelecimento da FBN, nesses solos, em razão das condições adversas que as bactérias frequentemente encontram nesses ambientes como: temperatura, baixa umidade, etc. (PAVANELLI; ARAUJO, 2009). Por outro lado, sabe-se que a adubação nitrogenada não apresenta eficácia na soja, aumenta os custos do produtor rural e principalmente provoca efeitos prejudiciais na nodulação da cultura (MENDES et al., 2008; PARENTE et al., 2015).

Mesmo em solos arenosos, com altas quantidades de palhada de *U. brizantha*, a adubação nitrogenada, aplicada em diferentes doses e estádios de desenvolvimento da soja, não influenciou os componentes de produção e rendimento dos grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2016). Foi verificado que mesmo sem aporte de nitrogênio na semeadura da soja a antecipação da dessecação da pastagem pode proporcionar o enriquecimento nutricional, principalmente de N do solo, dentro do sistema de integração, no primeiro ano de estabelecimento da soja, fazendo com que ocorram ganhos de rendimento (Figura 2).

Desta forma, vale ressaltar a importância de desenvolver manejos que aumentem o aporte de N no solo de forma mais sustentável, que com o passar do tempo possam aumentar a quantidade de matéria orgânica no solo, bem como do nitrogênio presente na biomassa microbiana, aumentando o estoque desse nutriente no sistema e que possa servir como suprimento inicial para suportar o bom desenvolvimento da soja e do próprio sistema de integração lavoura pecuária.

Estes manejos devem ser validados com monitoramento de indicadores biológicos, como os utilizados nesse estudo. Além disto, os mesmos devem contribuir positivamente para o aumento de rendimentos dos cultivos agrícolas e economia para o agricultor.

Conclusões

- A dessecação antecipada da pastagem proporcionou ganhos na atividade microbiana no solo, no primeiro ano de cultivo da soja e milho, dentro do sistema de integração.
- Houve maior acúmulo de N microbiano no solo, proporcionado pela dessecação mais antecipada da pastagem.
- A dessecação mais antecipada da pastagem alterou os indicadores de fertilidade do solo como: pH, alumínio e potássio no solo, para valores mais adequados ao cultivo da soja.
- No segundo ano de cultivo da soja e milho os ganhos nos indicadores de qualidade foram menores, comparados ao primeiro ano de cultivo.

Referências

- ACOSTA, J. A. A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.
- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.
- AMARAL, A. S. et al. Resíduos vegetais na superfície do solo afetam a acidez do solo e a eficiência do herbicida flumetsulam. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 789-794, 2000.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. DA S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.677-687, 2009.
- ARAUJO, K. D. et al. Atividade Microbiana no Solo em Diferentes Ambientes da Região Semiárida de Alagoas. **Geografia**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 5-18, 2016.
- BACH, E. M.; HOFMOCKEL, K. S. Coupled Carbon and Nitrogen Inputs Increase Microbial Biomass and Activity in Prairie Bioenergy Systems. **Ecosystems**, v. 18, n. 3, p. 417-427, 2015.

- BALBINOT JR, A. A. et al. Intervalos de tempo entre a dessecação de pastagem de azevém e a semeadura de feijão, soja e milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, 2011.
- 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.
- BŁOŃSKA, E.; LASOTA, J.; GRUBA, P. Effect of temperate forest tree species on soil dehydrogenase and urease activities in relation to other properties of soil derived from loess and glaciofluvial sand. **Ecological Research**, v. 31, n. 5, p. 655-664, 2016.
- BONJORNO, I. I. et al. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, 2011.
- CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 01, p. 99-108, 2005.
- CAMARGO, A. O. 2006 Reações e interações de micronutrientes no solo. Artigo em Hipertexto disponível em:
<http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Micronutrientes/Index.htm> Acessado em 10 jul. 2016.
- CHÁVEZ, L. F. et al. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, out. 2011.
- CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v. 78, p. 1447-1450, 1988.
- CIIAGRO. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>> Acessado em 22 set. 2016.
- CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 100, n. 4, p. 10-14, 2007.
- CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 603-611, 2011.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4.ed.rev. atual. e ampl. Belém, 216p., 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.991-996, 1999.

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

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. 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.

GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.

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

KRENCHINSKI, F. H. et al. Dessecação de espécies de cobertura do solo com formulações de glifosato. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 104-111, 2013.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 132-138, 2011.

LOUREIRO, D. C. et al. Influência do uso do solo sobre a conservação de carbono em sistemas orgânicos de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 1, p.1-10, 2016.

LOURENTE, E. R. P. et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.

LUO, P. et al. Influence of long-term fertilization on soil microbial biomass, dehydrogenase activity, and bacterial and fungal community structure in a brown soil of northeast China. **Annals of microbiology**, v. 65, n. 1, p. 533-542, 2015.

MACHADO, P. A. S. et al. Parâmetros nutricionais e produtivos em bovinos de corte a pasto alimentados com diferentes quantidades de suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1303-1312, 2011.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MENDES, I.C. et al. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1053-1060, 2008.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Inf. Agron**, v. 92, p. 1-8, 2000.

MORILLAS, L. et al. Nitrogen supply modulates the effect of changes in drying–rewetting frequency on soil C and N cycling and greenhouse gas exchange. **Global change biology**, v. 21, n. 10, p. 3854-3863, 2015.

NUNES, M. R. et al. Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 531-539, 2014.

PARENTE, T. L. et al. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, 2015.

PAVANELLI, L. E.; ARAÚJO, F. F. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais no oeste paulista. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, 2009.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, A. A. et al. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1397-1412, 2007.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

SAMPAIO, T. F.; et al. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.1637-1645, 2012.

SANTOS, F. C. et al. Decomposition and macronutrient release from maize and brachiaria straw under a crop-livestock system in the cerrado of Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014.

SCHMIDT, R. O. et al. Biomassa e atividade microbiana do solo em sistemas de produção olerícola orgânica e convencional. **Ciência rural**, v. 43, n. 2, p. 270-276, 2013.

SINSABAUGH, Robert L. et al. Scaling microbial biomass, metabolism and resource supply. **Biogeochemistry**, v. 122, n. 2-3, p. 175-190, 2015.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.

SPOHN, M. Microbial respiration per unit microbial biomass depends on litter layer carbon-to-nitrogen ratio. **Biogeosciences**, v. 12, n. 3, p. 817-823, 2015.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. **Methods of Soil Analysis: Part 2—Microbiological and Biochemical Properties**, n. methodsofsoilan2, p. 775-833, 1994.

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

TEDESCO, M.J.; BOHNEM, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.497-505, 2010

TOMLINSON, P. J.; SAVIN, M. C.; MOORE JR, P. A. Long-term applications of untreated and alum-treated poultry litter drive soil nitrogen concentrations and associated microbial community dynamics. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 1, p. 43-55, 2015.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23).

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.421-428, 2008.

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.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. **Matéria orgânica e qualidade do solo. Matéria orgânica e qualidade do solo**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2º Ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 113-136.

ZHOU, Z. H.; WANG, C. K. Reviews and syntheses: Soil resources and climate jointly drive variations in microbial biomass carbon and nitrogen in China's forest ecosystems. **Biogeosciences**, v. 12, n. 22, p. 6751-6760, 2015.

3 ARTIGO 2

Nodulação e rendimento de soja e milho em função da escarificação e dessecação antecipada da pastagem em sistema de integração

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar épocas de dessecação da pastagem anteriores ao cultivo da soja, associadas com intervenção física (escarificação), na nodulação e produtividade das culturas de soja e milho dentro do sistema de integração lavoura pecuária. O experimento foi desenvolvido em solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico. A área experimental estava ocupada com a espécie *Urochloa brizantha* (cv Marandu) com cinco anos de implantação. O delineamento experimental foi em faixas subdivididas, constituindo um fatorial duplo, 5x2. As parcelas foram constituídas por cinco épocas de dessecação da pastagem (150 DAS - dias antes da semeadura da soja; 120 DAS; 60 DAS; 30 DAS e 15 DAS) e as subparcelas, com e sem escarificação do solo. Foram cultivados dois ciclos produtivos de soja e milho. Após a semeadura da soja, os 58 dias no primeiro ano de cultivo e aos 50 dias no segundo ano de cultivo, foram coletadas plantas para análise de nodulação. Ao final de cada ciclo produtivo as culturas foram avaliadas para os parâmetros de produtividade. A dessecação antecipada da pastagem em 150 dias antes do cultivo da soja proporcionou ganhos consideráveis de nodulação e rendimento da soja em comparação ao período de quinze dias. O rendimento do milho, após o primeiro cultivo da soja, foi influenciado significativamente pelos maiores períodos de antecipação da dessecação efetuada antes do cultivo da soja. A escarificação realizada no início do experimento não influenciou o rendimento do cultivo da soja e do milho.

Palavras-chave: Sistema de semeadura direta, Plantas de cobertura, Produção de grãos.

Nodulation and yield of soybean and corn due to the scarification and early pasture desiccation in system integration

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate drying times of the previous pasture to soybean cultivation, associated with physical intervention (scarification), nodulation and productivity of soybean and corn in the livestock farming system integration. The experiment was conducted in soil classified as Acrisol dystrophic. The experimental area was occupied by the species *Urochloa brizantha* (cv Marandu) with five years of implementation. The experimental design was a split tracks, constituting a double factorial 5x2. The plots consisted of five periods of desiccation of grassland (150 DBS - days before soybean sowing; 120 DBS, 60 DBS, 30 DBS and 15 DBS) and the subplots, with and without soil scarification. They were grown two production cycles of soybean and corn. After soybean sowing, 58 days in the first year of cultivation and 50 days in the second year of cultivation, plants were collected for nodulation analysis. At the end of each production cycle crops were evaluated for productivity parameters. Early pasture desiccation in 150 days before the soybean crop yielded considerable gains in nodulation and soybean yield in comparison to the period of fifteen days. The yield of corn after the first crop of soybeans, was significantly influenced by longer periods of anticipation desiccation performed before soybean cultivation. The scarification performed at the beginning of the experiment did not affect the yield of the cultivation of soy and corn.

Keywords: No-tillage System, Cover plants, Grain yield.

Introdução

O sistema de semeadura direta - SSD trouxe uma grande evolução no manejo de solos tropicais, já que estes eram manejados com operações de revolvimento do solo após a retirada das culturas, provocando desta forma desestabilização do sistema, com consequentes perdas de solo, água e nutrientes, fatores estes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A perda de solo e os elementos que lhe são associados podem causar danos ambientais, como o assoreamento e a eutrofização de cursos d'água, além de prejuízo econômico ao produtor e à sociedade (CARDOSO et al., 2012).

Desta forma, o SSD contribui para a preservação do solo e água, já que os recursos naturais não podem ser vistos separadamente. Este sistema é caracterizado pela manutenção, durante o ano todo, de plantas em crescimento e de raízes vivas. As plantas promovem a cobertura permanente do solo, por meio de sua parte aérea (viva) ou de seus resíduos vegetais (cobertura morta ou palha). As raízes vivas são responsáveis pelos efeitos benéficos e manutenção da qualidade física, química e biológica do solo (EMBRAPA, 2012).

A decomposição dos resíduos vegetais, principalmente quando se utilizam espécies com baixa relação C/N, como no caso das leguminosas, acaba ocorrendo de maneira acelerada, sendo prejudicada a formação de palha em quantidade necessária para implantação/manutenção do sistema de semeadura direta (CARNEIRO et al., 2008). Já o uso sucessivo de gramíneas nos sistemas de produção resulta em competição por nitrogênio pelas plantas durante o processo de mineralização da matéria orgânica (AMARAL et al., 2016).

A utilização do cultivo consorciado entre plantas de cobertura do solo, como a junção de espécies leguminosas e gramíneas, pode ser uma alternativa para atender aspectos conservacionistas de solo e a demanda por N da cultura sucessora (CHERUBIN et al., 2014).

Dentro do manejo do sistema de semeadura direta, as gramíneas do gênero *Urochloa* são as principais opções para a formação de palhada, principalmente pela alta relação C/N presente em sua composição, obtida através de sua maior concentração de lignina, prolongando o tempo de sua decomposição, e à alta produção de matéria seca. Sua palhada contribui na formação de uma camada espessa e distribuída uniformemente sobre a superfície do solo, formando uma

barreira física, favorecendo o controle das plantas daninhas (NEPOMUCENO et al., 2012).

O controle das plantas de cobertura antes da semeadura faz parte do manejo dentro do SSD. Esse manejo das espécies de cobertura pode ser realizado principalmente por métodos mecânicos ou químicos. No método químico, também chamado de dessecação, utilizam-se basicamente herbicidas sistêmicos de ação total, que não possuem seletividade, como o glifosato (KRENCHINSKI et al., 2013).

A dessecação das plantas de cobertura anterior à semeadura direta é fundamental para o bom desenvolvimento das culturas sucessoras, já que a eliminação das plantas daninhas existentes proporciona que a cultura apresente um desenvolvimento inicial rápido e vigoroso (RICCE; ALVES; PRETE, 2011).

As plantas de cobertura geralmente são semeadas na entressafra, e devem apresentar a capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais para, depois, liberá-los nas camadas superficiais por meio de sua decomposição e da mineralização dos seus resíduos. Essas espécies auxiliam na conservação dos solos, através de suas raízes, que proporcionam maior agregação das partículas e, também, pela proteção da superfície do solo ao impacto direto das chuvas (TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008; PACHECO et al., 2011).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) com a cultura da soja é um processo realizado principalmente por bactérias do gênero *Rhizobium* que colonizam as raízes das leguminosas, e eficientemente garantem o abastecimento de nitrogênio demandado pela soja. Este processo é diretamente afetado por fatores abióticos, entre eles a temperatura, umidade, presença de macroporos, concentração de nitrogênio mineral no solo, disponibilidade de fósforo, acidez, presença de alumínio trivalente, molibdênio assimilável no solo, e da textura do solo, que interferem para a sobrevivência do rizóbio e influenciam em seu potencial de fixar nitrogênio atmosférico (HUNGRIA et al., 2005; VAUCLARE et al., 2013).

A produtividade e crescimento das culturas são devidos, entre outros fatores, à umidade, à temperatura, à aeração e à resistência à penetração, sendo, portanto, diretamente influenciados pelos fatores que compõem a física do solo e que podem ser manejados para atender a demanda das espécies cultivadas e corrigir características deficitárias nos solos de cultivos, como é realizada com o manejo químico, ao adotar um programa de correção de acidez e adubação (GIRARDELLO et al., 2014).

O uso adequado do escarificador em um preparo reduzido do solo provoca o mínimo de mobilização deixando depositado o máximo de resíduos sobre o solo, favorecendo a melhor estruturação deste ambiente, também contribui para a melhor distribuição da matéria orgânica e criação de macro e microporos, além de permitir menores perdas por erosão e maior capacidade de retenção de água pelo solo, favorecendo os mais variados cultivos agrícolas (GUBIANI et al., 2014).

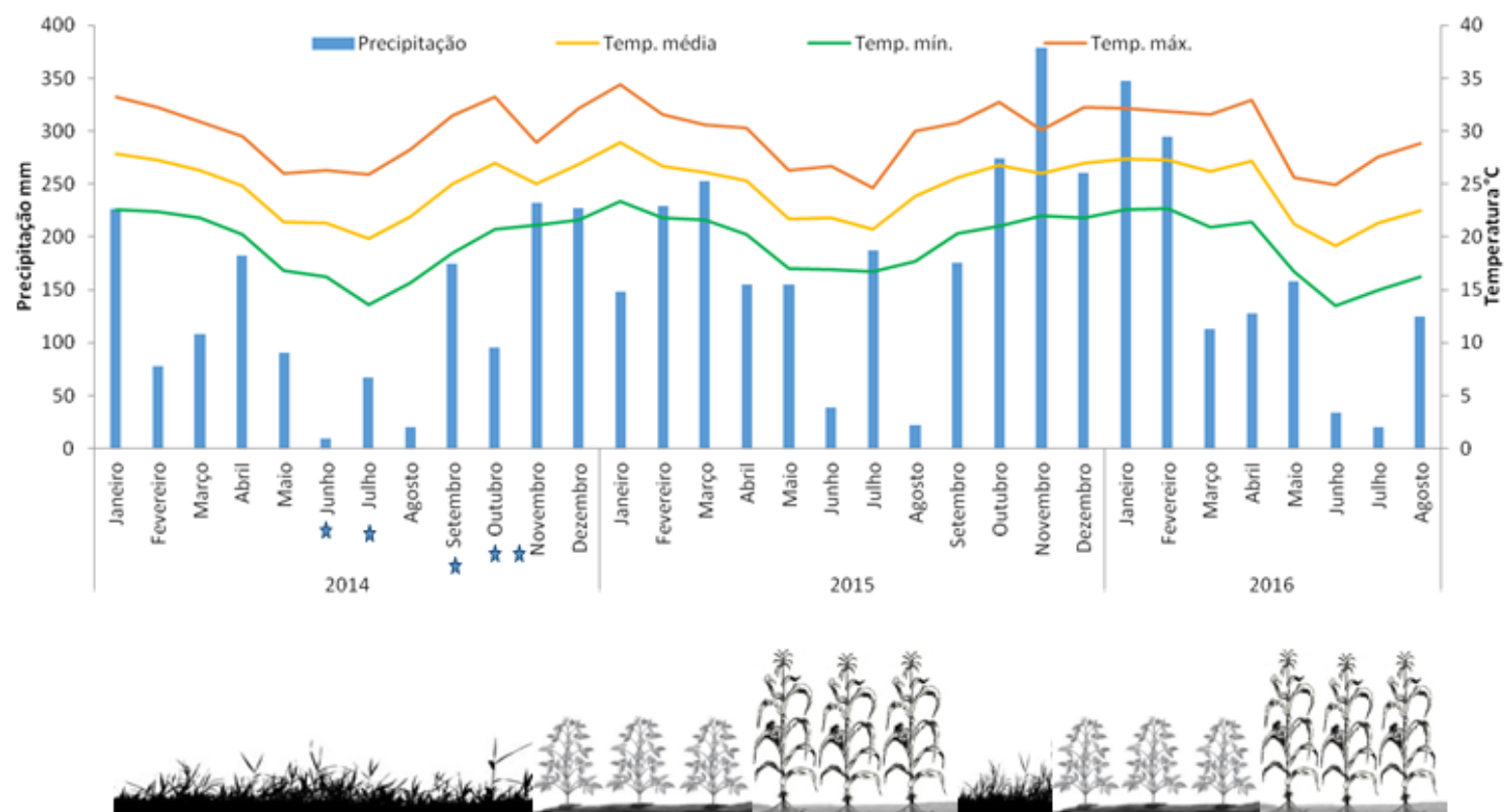
O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar épocas de dessecação da pastagem anteriores ao cultivo da soja, associado com intervenção física (escarificação), na nodulação e produtividade das culturas de soja e milho dentro do sistema de integração lavoura pecuária.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no município de Presidente Bernardes-SP, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). 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 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 no cultivo da cultura da soja, e estão apresentados na figura 1.

FIGURA 1 - Condições climáticas registradas na condução do experimento



★ Intervenções das épocas de dessecações.

Fonte: Dados Meteorológicos Ciiagro 2016

Nota: Dados trabalhados pelo autor.

Antes da implantação do experimento, em 20 de janeiro de 2014 foi realizada a caracterização química do solo até a profundidade 0-20 cm. Obtendo-se os valores de: matéria orgânica, 14 g dm⁻³; pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 5,2; P (resina), 1,7 mg dm⁻³; K, Ca e Mg trocáveis de 0,9, 10,1 e 9,1 mmol_c dm⁻³, respectivamente, acidez total em pH 7,0 (H + Al) de 19,6 mmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions total (CTC) de 39,6 mmol_c dm⁻³, saturação por bases de 50,6. Quanto aos micronutrientes os valores para Fe, Cu, Mn, Zn e B foram 19,3; 2,0; 2,1; 0,8 e 0,16 mg dm⁻³, respectivamente.

A área experimental estava ocupada com a espécie *Urochloa brizantha* (cv Marandu) com cinco anos de implantação, porém com baixa capacidade de produção de forragem e baixa capacidade de suporte animal. Antes da instalação do experimento, no dia 30/01/2014 foram aplicados na área 2,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1,0 t ha⁻¹ de gesso de acordo com o recomendado por Raij et al. (1997).

O delineamento experimental foi em faixas subdivididas, constituindo um fatorial duplo. As parcelas foram constituídas por cinco épocas de dessecação da pastagem (150 DAS - dias antes da semeadura da soja; 120 DAS; 60 DAS; 30 DAS e 15 DAS) e as subparcelas, com e sem escarificação do solo. Cada faixa possuía largura de 8 metros, por 40 metros de comprimento, espaçadas uma das outras por 3 metros. O experimento foi conduzido com quatro repetições.

A escarificação do solo foi realizada no dia 26/02/2014 a uma profundidade de 30 cm, com a utilização de um equipamento subsolador denominado "mata-broto", equipamento de arraste com 2,75 m de largura de trabalho fabricado pela empresa Ikeda, que corta horizontalmente o solo, com hastes "tandem", com reduzido revolvimento superior do solo.

A dessecação das faixas experimentais foi efetivada com a aplicação do produto glifosato, na dosagem de 5 L ha⁻¹, com volume de calda de 250 L ha⁻¹. As faixas dessecadas previamente (150 e 120 DAS) foram novamente dessecadas aos 15 DAS para controle de plantas espontâneas.

Foram cultivados soja e milho consorciado com pastagem durante dois anos, sendo a soja na safra 2014/2015 (instalada após os períodos de dessecação da pastagem), o milho semeado em conjunto com *Urochloa brizantha* (cv Marandu), após a colheita da soja, correspondente à safrinha de 2015; a soja safra 2015/2016 e o milho safrinha de 2016 associado com *Urochloa brizantha* (cv Marandu).

Em 2014 o cultivar de soja utilizada foi a TMG 1264 RR, semeada em 29 de novembro, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e distribuição de 15 sementes por metro linear. As sementes receberam tratamento com Standak® (fipronil) e Maxim XL® (metalaxil-M + fludioxonil) nas dosagens recomendada pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 250 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10; também foi realizada uma adubação de cobertura com cloreto de potássio, no dia 27 de dezembro de 2014, aos 20 DAE (dias após a emergência) na dosagem de 125 kg ha⁻¹.

A inoculação foi realizada no momento da semeadura, utilizando-se semeadora com reservatório para aplicação de inoculante líquido em jato dirigido no sulco de semeadura. Foram utilizados 800 mL do produto Masterfix L por hectare, que continha as estirpes: SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) com 5 bilhões de células viáveis mL⁻¹, aplicando um volume de calda de 50 L ha⁻¹ no sulco de semeadura.

O cultivar de milho híbrido utilizado em 2015, foi o SYN 7205 TL TG Viptera, com tratamento de semente com os agroquímicos Vitavax Thiram 200 SC® (Carboxina + Tiran) e Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe) nas dosagens recomendadas pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 250 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10, sendo utilizado o espaçamento de 0,70 m entre linhas, com a deposição de 4,2 sementes por metro linear. Após a operação de semeadura do milho, foram distribuídos a lanço com uma moto semeadora 4 kg ha⁻¹ sementes de *Urochloa brizantha* (cv Marandu).

Em 2015 a cultivar de soja utilizada foi a RK 72141 Pro RR, semeada em 10 de novembro, com tratamento de semente, com Vitavax Thiram 200 SC® (Carboxina + Tiran) e Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe) nas dosagens recomendadas pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 313 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10, com espaçamento de 0,45 m e distribuição de 15 sementes por metro linear. Foi realizado o mesmo procedimento de inoculação de sementes realizado em 2014.

Em 2016 o cultivar de milho híbrido utilizado foi o SYN 7205 TL TG Viptera. O tratamento de semente foi realizado, com Vitavax Thiram 200 SC® (Carboxina + Tiran) e Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe) nas dosagens recomendadas pelos fabricantes. A adubação de semeadura foi com a utilização de 320 kg ha⁻¹, usando-se a formulação 04-30-10, sendo utilizado o espaçamento de 70

cm entre linhas, com a deposição de 4,2 sementes por metro linear. A seguir as sementes de *Urochloa brizantha* (cv Marandu) distribuídas a lanço com uma moto semeadora, na quantidade de 4 kg ha⁻¹.

Após a semeadura da soja, foram coletadas 15 plantas por repetição, aos 58 dias no primeiro ano de cultivo e aos 50 dias no segundo ano de cultivo, com quatro repetições, totalizando 60 plantas por tratamento, para análises de número de nódulos na raiz principal, número de nódulos nas raízes laterais, massa seca de nódulos na raiz principal, massa seca de nódulos nas raízes laterais.

A altura das plantas foi medida a partir do nível do solo. A parte aérea das plantas foi separada do sistema radicular, após o corte as plantas foram acomodadas em sacos de papel Kraft, colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até obterem massa constante para a análise da massa seca da parte aérea.

As avaliações de parâmetros de produção da soja foram realizadas em seis metros lineares, retirando três linhas de plantas, sendo determinados: número de vagens por planta, massa de cem grãos e estimativa de produtividade, ajustada para 13% de umidade, todas as avaliações realizadas com quatro repetições.

A determinação da produtividade do milho foi realizada em nove metros lineares, retirando três linhas de plantas, com quatro repetições, para a estimativa da produtividade da cultura.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) teste F, e comparação entre médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

Resultados e discussão

A nodulação da soja na safra 2014/2015 foi influenciada consideravelmente pelo período de antecipação da dessecação da pastagem, mas pouco alterada pelo revolvimento do solo, de acordo com os valores de F obtidos na análise de variância (Tabela 1).

A quantidade de nódulos, bem como sua massa nas raízes principais e laterais foram superiores no tratamento cuja dessecação foi realizada 150 dias antes da semeadura da soja, em relação ao tratamento com dessecação aos 15 dias antes da semeadura da soja (Tabela 1). De forma geral a soja apresentou uma nodulação

adequada para o primeiro ano de implantação da cultura; tem sido indicado o número acima de 20 nódulos por planta, principalmente na raiz principal como indicativo para garantir um suprimento adequado de N para cultura (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). A presença de nódulos na raiz principal indica que a FBN teve início nos primeiros dias após a emergência das plantas, isto pode proporcionar fornecimento de nitrogênio mais rápido para as plantas.

TABELA 1 – Número de nódulos e massa de nódulos (em gramas) da raiz principal e raízes laterais por planta de soja e resumo da análise de variância na safra 2014/2015, após 58 dias da semeadura, submetido à dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	N.N.R.P.	M.N.R.P.	N.N.R.L.	M.N.R.L.
150	27,50 a	0,335 a	37,12 a	0,411 a
120	21,87 ab	0,296 ab	33,12 ab	0,372 ab
60	17,50 bc	0,273 ab	26,87 bc	0,349 ab
30	15,87 bc	0,242 ab	27,62 bc	0,318 ab
15	11,75 c	0,206 b	21,87 c	0,282 b
Média	18,90	0,270	29,33	0,347
Causas de variação	N.N.R.P.	M.N.R.P.	N.N.R.L.	M.N.R.L.
Época	22,09*	15,64*	25,80*	15,64*
Escarificação	2,20 ^{ns}	3,08 ^{ns}	15,91*	3,07 ^{ns}
Época* Escarificação	0,69 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,02 ^{ns}
C.V.(%)1	19,17	13,04	11,22	10,19
C.V.(%)2	16,50	3,62	15,07	2,82

** 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. N.N.R.P.= Número de nódulos na raiz principal; M.N.R.P.= Massa de nódulos na raiz principal; N.N.R.L.= Número de nódulos nas raízes laterais; M.N.R.L.= Massa de nódulos das raízes laterais.

No segundo ano do experimento a nodulação da soja também apresentou resposta aos períodos de dessecação, a utilização da escarificação, alterou a nodulação da raiz principal (Tabela 2).

A nodulação da soja na safra 2015/2016 foi, de forma geral, superior a encontrada no primeiro ano de avaliação. Entretanto, verificou-se que os tratamentos com dessecação mais antecipada continuaram proporcionando melhores desempenhos na nodulação (Tabela 2).

TABELA 2 – Número de nódulos e massa de nódulos (em gramas) da raiz principal e raízes laterais por planta de soja e resumo da análise de variância na safra 2015/2016, após 50 dias da semeadura, submetido a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	N.N.R.P.	M.N.R.P.	N.N.R.L.	M.N.R.L.
150	29,12 a	0,168 a	39,87 a	0,175 a
120	27,00 a	0,166 ab	36,87 ab	0,166 ab
60	20,12 ab	0,159 bc	31,87 ab	0,161 bc
30	16,62 b	0,158 bc	31,00 ab	0,157 bc
15	14,62 b	0,152 c	25,75 b	0,155 c
Média	21,50	0,161	33,07	0,163
Causas de variação	N.N.R.P.	M.N.R.P.	N.N.R.L.	M.N.R.L.
Época	23,15*	34,05**	16,32*	40,31**
Escarificação	15,18*	1,04ns	3,32ns	1,11ns
Época* Escarificação	0,38ns	7,01ns	0,68ns	5,25ns
C.V.(%)1	17,36	2,00	20,67	2,16
C.V.(%)2	15,93	3,12	13,06	2,40

** 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. N.N.R.P.= Número de nódulos na raiz principal; M.N.R.P.= Massa de nódulos na raiz principal; N.N.R.L.= Número de nódulos nas raízes laterais; M.N.R.L.= Massa de nódulos das raízes laterais

Em solos de primeiro ano de cultivo de soja, como é o caso deste estudo, os valores de nodulação das plantas tendem a ser inferiores em relação a solos com histórico mais prolongado do cultivo da leguminosa, em razão da melhoria das condições do solo e à permanência de bactérias de inoculações anteriores. Entretanto, é importante que se realizem a cada ciclo produtivo novas inoculações, já que as estirpes inoculadas tendem a ser mais eficientes na formação dos nódulos em relação às bactérias sobreviventes no ambiente (SANTOS NETO et al., 2013).

Para a boa produtividade da cultura da soja é importante que esta apresente uma nodulação eficiente em número e massa de nódulos, já que estes estão diretamente relacionados à capacidade de fixação biológica do nitrogênio. Brandelero, Peixoto e Ralisch (2009), estudando a nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos, observaram que a produtividade da soja apresentou correlação positiva com o número e a massa de nódulos da cultura. A maior nodulação encontrada no maior período de dessecação da pastagem pode ter sido influenciada pelo aumento da matéria orgânica resultante da decomposição dos resíduos vegetais, proporcionando um ambiente mais favorável ao estabelecimento e colonização radicular pelas células bacterianas do *Bradyrhizobium* (CAMPOS; HUNGRIA; TEDESCO, 2001).

A utilização do herbicida glifosato, em curto período de tempo, pode resultar em uma redução das bactérias inoculadas na semeadura, diminuindo conseqüentemente a massa e o número de nódulos das raízes da soja (COSTA et al., 2013). Reis et al. (2014) observaram redução no número e massa de nódulos de soja quando se o herbicida glifosato foi utilizado, atribuindo a diminuição da nodulação das plantas aos sais presentes na formulação do produto, que comprometem os microrganismos do solo. Contudo, foi avaliado nesse estudo que o glifosato não afetou a nodulação da soja em todos os períodos de dessecação em experimento conduzido em condições de casa de vegetação (dados não apresentados).

A emergência das plantas não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 3). Também não foram observadas diferenças significativas na massa de 100 grãos da soja. Diferentemente do encontrado por Ricce; Alves e Prete, (2011), estes autores observaram que com a dessecação da pastagem de inverno realizada aos 0, 10, 20 e 30 dias antes da semeadura da soja, a presença de maior quantidade de palha, na dessecação realizada no dia da semeadura, provocou a redução no estande de plantas.

TABELA 3 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da emergência, altura, massa seca da parte aérea, número de vagens, massa de cem grãos e produtividade, na safra da soja safra 2014/2015, após dessecações da pastagem

Causas de variação	Emerg.	Altura	M.S.P.A.	NVag	MCG	PRODUT
Época	0,78 ^{ns}	638,78 ^{**}	21,89 [*]	283,97 ^{**}	4,33 ^{ns}	50,63 ^{**}
Escarif.	0,00 ^{ns}	11,22 [*]	3,19 ^{ns}	10,00 ^{ns}	2,78 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Ép. *Escarif.	0,14 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,66 ^{ns}	4,44 ^{ns}	3,17 ^{ns}
C.V.(%) ¹	11,56	2,30	20,79	4,29	2,93	10,80
C.V.(%) ²	5,87	3,72	16,93	3,03	4,54	12,20

** 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. Emerg.= Emergência de plantas por metro linear; M.S.P.A.= Massa seca da parte aérea; NVAg= Número de vagens por planta; MCG= Massa de cem grãos em gramas; Produtividade= Produtividade da cultura em quilos por hectare.

Os tratamentos com dessecação aos 150 e 120 dias antes da semeadura da soja apresentaram maiores alturas de plantas em relação às demais épocas de dessecação da forrageira (Tabela 3). A massa seca da parte aérea (M.S.P.A.) da soja foi duplicada quando dessecada aos 150 dias antes do cultivo da soja, em relação ao período de 15 DAS (Tabela 4).

O número de vagens de soja foi superior no tratamento com dessecação da forrageira aos 150 dias antecedendo a semeadura da soja em relação aos demais tratamentos, duplicando o número de vagens quando comparadas ao menor período de dessecação da pastagem (Tabela 4).

TABELA 4 – Altura, massa seca da parte aérea – M.S.P.A. e número de vagens – Nvag, por planta de soja, na safra 2014/2015, submetido a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	Altura (cm)	M.S.P.A. (g)	NVag
150	83,75 a	57,61 a	104,00 a
120	79,37 b	47,89 ab	94,62 b
60	65,25 c	37,12 abc	82,37 c
30	59,25 d	28,70 bc	68,87 d
15	50,28 e	25,04 c	52,25 e
Média	67,57	39,27	80,42

Médias seguidas de mesma letra maiúscula indica a comparação entre o uso do escarificador, e minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação significativamente pelo teste Tukey (5%).

A produtividade da soja foi superior na condição de dessecação da pastagem 150 dias antes da semeadura, em relação às condições de 60, 30 e 15 dias antes da semeadura da soja (Tabela 5). Pode também ser verificado um ajuste linear significativo com o aumento da produtividade da cultura à medida que se aumenta o período de dessecação da pastagem anterior ao cultivo da soja (Figura 2).

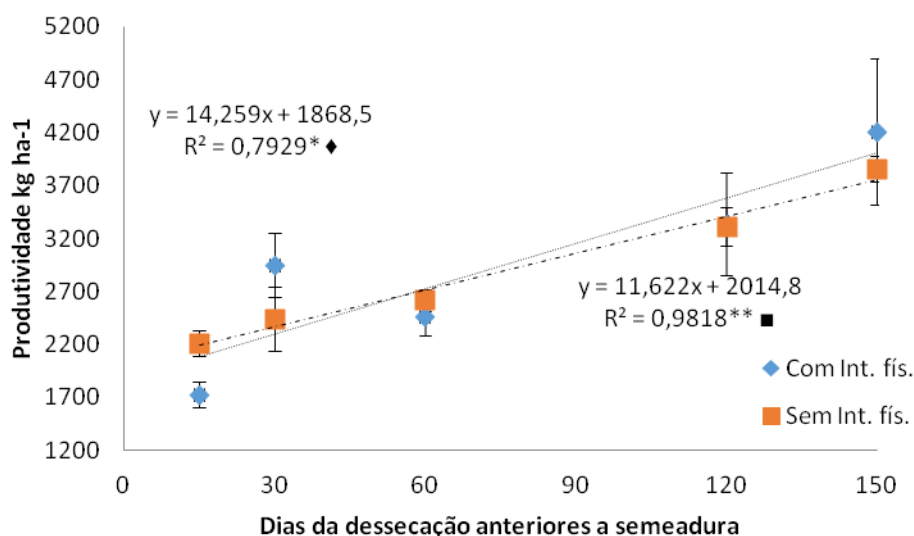
A média de produtividade encontrada no tratamento com dessecação aos 15 dias antes da semeadura representa o que, com frequência, tem sido encontrado em áreas de primeiro cultivo da soja na região (GUERRA et al., 2014). Então, pode ser enfatizado que a dessecação mais antecipada (150 dias) proporcionou aumentos de mais de duas vezes no rendimento da cultura no primeiro ano de cultivo.

TABELA 5– Produtividade (em quilos por hectare) da soja na safra 2014/2015, submetido a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	Produtividade
150	4032,8 a
120	3324,5 ab
60	2543,5 bc
30	2693,0 bc
15	1967,1 c
Média	2912,2

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas, minúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (1%).

FIGURA 2 - Produtividade de soja, safra 2014/2015 cultivada em áreas previamente dessecadas em diversas épocas



Fonte: O autor.

No segundo ano de cultivo da soja (safra 2015/2016) verificou-se que a emergência de plantas, bem como a massa de 100 grãos e produtividade da soja não sofreram influência por nenhum tratamento efetivado antes do primeiro cultivo da soja (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da emergência, altura, massa seca da parte aérea, número de vagens, massa de cem grãos e produtividade, na safra da soja 2015/2016, após dessecações da pastagem

Causas de variação	Emerg.	Altura	M.S.P.A.	NVAg	MCG	PRODUT
Época	0,89 ^{ns}	57,55 ^{**}	51,32 ^{**}	61,52 ^{**}	5,63 ^{ns}	7,16 ^{ns}
Escarif.	0,01 ^{ns}	26,40 ^{**}	0,30 ^{ns}	20,28 [*]	0,51 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Ép. *Escarif.	0,23 ^{ns}	7,71 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,87 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,84 ^{ns}
C.V.(%) ¹	9,43	4,92	1,96	3,10	3,11	15,40
C.V.(%) ²	5,53	4,34	1,39	2,57	4,20	14,10

** 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. Emerg.= Emergência de plantas por metro linear; M.S.P.A.= Massa seca da parte aérea; NVAg= Número de vagens por planta; MCG= Massa de cem grãos em gramas; Produtividade= Produtividade da cultura em quilos por hectare.

A altura, massa seca da parte aérea e número de vagens da soja obtida nas faixas dessecaadas em períodos mais prolongados ao cultivo de primeiro ano, foram superiores em relação as faixas dessecaadas próximas a data de semeadura (Tabela 7).

O rendimento da soja não sofreu influência de nenhuma variável neste experimento (Tabela 7).

TABELA 7 – Altura, massa seca da parte aérea – M.S.P.A. e número de vagens – Nvág, por planta de soja e produtividade (quilos ha⁻¹), na safra 2015/2016, submetido a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	Altura (cm)	M.S.P.A. (g)	NVag.	Produtiv.
150	87,75 a	71,78 a	78,50 a	3679,1
120	87,50 a	68,94 ab	71,37 b	3916,6
60	80,76 ab	67,10 b	74,87 ab	3060,1
30	75,50 b	66,04 bc	70,00 b	2752,3
15	62,62 c	62,79 c	62,12 c	3090,2
Média	78,85	67,33	71,37	3299,7

Médias seguidas de mesma letra maiúscula indica a comparação entre o uso do escarificador, e minúsculas indicam que não houve diferenças entre o período de dessecação significativamente pelo teste Tukey (5%). M.S.P.A.= Massa seca da parte aérea; NVAg= Número de vagens por planta; Produtiv.= Produtividade da cultura em quilos por hectare.

O desempenho do milho após o cultivo da soja também proporcionou ganhos nos parâmetros de crescimento e rendimento da cultura, quando se alteraram as épocas de dessecação prévia da pastagem anterior à soja (Tabela 8).

TABELA 8 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da emergência, altura e produtividade, da safra do milho safra 2015, após dessecações da pastagem

Causas de variação	Emerg.	Altura	PRODUT
Época	0,04 ^{ns}	99,66**	98,88**
Escarif.	0,69 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Ép.*Escarif.	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,41 ^{ns}
C.V.(%) ¹	9,82	1,90	7,33
C.V.(%) ²	3,65	1,22	5,75
Média geral	3,88	1,98	5240,79

** 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. Emerg.= Emergência de plantas por metro linear. Produtividade= Produtividade da cultura em quilos por hectare.

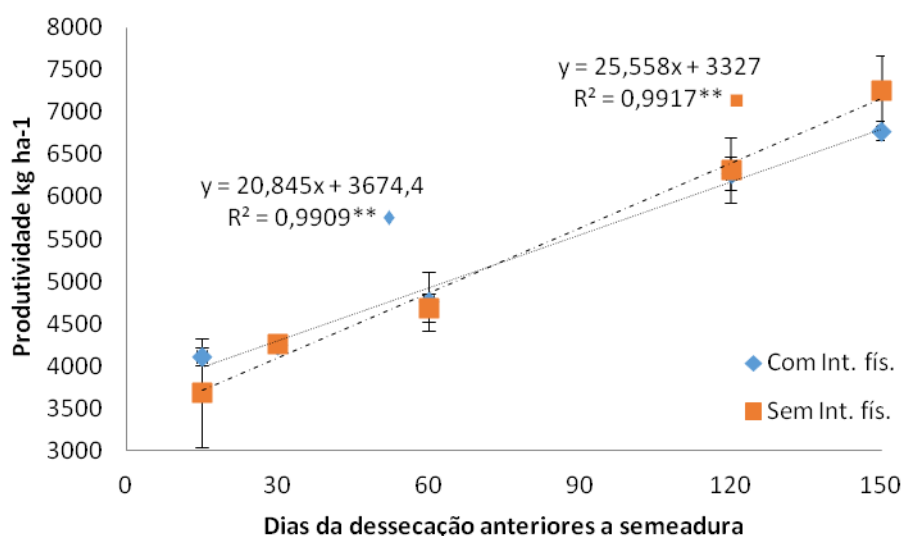
A altura do milho na safra de 2015 foi superior nas áreas dessecadas aos 150 dias antes do cultivo da soja (Tabela 9). A época de dessecação da forrageira influenciou o milho cultivado após a soja, as datas de dessecação mais antecipada aos 150 e 120 dias proporcionaram maior produtividade do milho safrinha (Tabela 9 e Figura 03).

TABELA 9 – Altura (em metros) e produtividade (em quilos por hectare) do milho na safra 2015, submetido a dessecação da pastagem de *Urochloa brizantha* (cv Marandu), em diferentes épocas associados à intervenção física

DAS	Altura	Produtividade
150	2,21 a	7020,1 a
120	2,01 b	6295,8 a
60	1,89 b	4729,1 b
30	1,89 b	4257,8 b
15	1,90 b	3901,0 b
Média	1,98	5240,7

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas, minúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (1%).

Figura 3 - Produtividade de milho, safrinha 2015 cultivado em áreas previamente dessecadas em diversas épocas



Fonte: O autor.

Os componentes de produção do milho cultivado na safrinha 2016 após o cultivo da soja, também não sofreram influência de nenhum tratamento conduzido no primeiro ano de cultivo da soja neste estudo (Tabela 10).

TABELA 10 - Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da emergência, altura e produtividade, da safra do milho safra 2016, após dessecações da pastagem

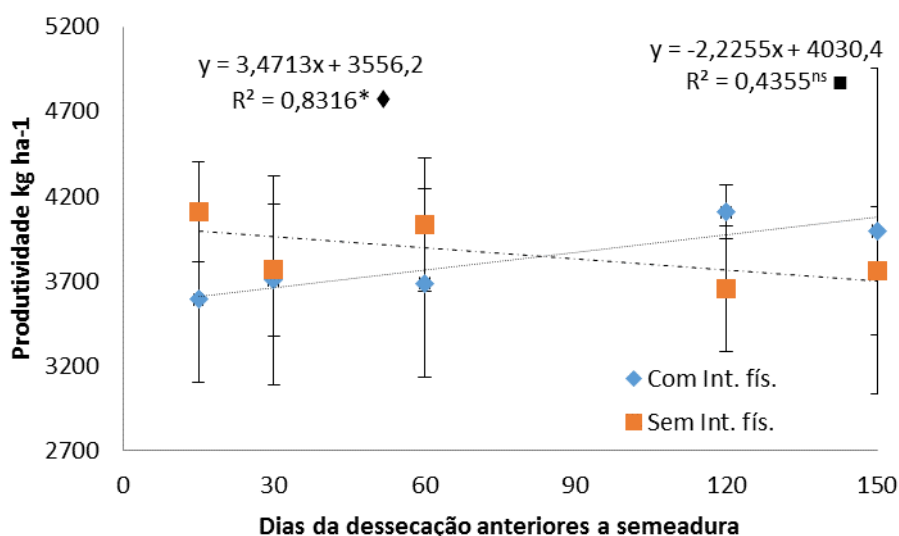
Causas de variação	Emerg.	Altura	Produtividade
Época	0,24 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Escarif.	0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Ép.*Escarif.	0,60 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,56 ^{ns}
C.V.(%) ¹	6,06	1,25	19,68
C.V.(%) ²	3,32	1,68	12,23
Média geral	3,91	1,76	3840,05

** 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. Emerg.= Emergência de plantas por metro linear; Produtividade= Produtividade da cultura por hectare.

Não houve influência de nenhuma variável para a produtividade do milho obtido na segunda safra em 2016. Pode ser destacado que houve uma redução de rendimento do milho em comparação ao desempenho do ano anterior, o que pode ser devido a fatores climáticos (temperatura e precipitação) mais adversos, nesse ano (Figura 01), nas fases mais críticas do ciclo da cultura. Na média geral, com e sem a escarificação, o rendimento ficou próximo de 3800 quilos hectare⁻¹.

Na figura 04 pode ser verificado que a intervenção física realizada no ano anterior proporcionou um ajuste linear mais significativo em resposta ao aumento na época de dessecação da pastagem anterior a soja.

FIGURA 4 - Produtividade de milho, safrinha 2016 cultivado em áreas previamente dessecadas em diversas épocas.



Fonte: O autor.

Kunz et al. (2013) verificaram que a escarificação de solo, manejado no sistema integração lavoura-pecuária em semeadura direta, proporcionou condições físico-hídricas do solo menos favoráveis ao desenvolvimento das plantas, pois nesse caso ocorreu diminuição na altura e, conseqüentemente, menor produção de grãos, o que não pôde ser verificado neste estudo, já que foi observado bom desenvolvimento das plantas, sem alteração em sua altura, nas áreas onde foi realizada a intervenção física.

Sabe-se que a diferença no rendimento das culturas não é, muitas vezes, explicada suficientemente por seus níveis nutricionais, pois fatores como a resistência à penetração podem limitar a produtividade dos mais diferentes cultivos agrícolas (SANTI et al., 2009). Entretanto, foi observado que a escarificação realizada no início do estudo não contribuiu significativamente para o aumento da produtividade das culturas (Tabelas 5, 7 e 9).

Ricce, Alves e Prete (2011) afirmam que quanto maior o intervalo entre a dessecação da forrageira de inverno e a semeadura da cultura de verão a produtividade será menor, sendo afetada pela presença de plantas infestantes na área. No estudo realizado por Fleck et al. (2004), estes autores encontraram que o maior intervalo entre a dessecação de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e a

semeadura da soja propiciou maior infestação por guanxuma (*Sida rhombifolia* L.) e picão-preto (*Bidens* spp.), o que gerou queda na produtividade da soja.

Este fato não foi verificado neste estudo, pois as maiores produtividades de soja de primeiro ano foram obtidas justamente nas faixas dessecadas com maior intervalo até a data da semeadura da soja. Isto demonstra que em solos arenosos, pobres em matéria orgânica, a decomposição da palhada da braquiária pode contribuir fortemente para melhoria do solo, além de suprimir consideravelmente grande parte das plantas invasoras.

Debiasi e Franchini (2012) constataram que há um efeito negativo de grandes quantidades de fitomassa de *B. brizantha* quando dessecadas em intervalos próximos à semeadura da soja, a soja aumenta sua produtividade quando a pastagem é dessecada em intervalos maiores ao seu cultivo, o que também foi observado neste estudo.

Gianconti, Nepomuceno e Alves (2013), avaliando a dessecação de *Urochloa brizantha* 'Piatã', em períodos de 27, 22, 17, 10, 5, 3 e 0 dias antes do cultivo do girassol, observaram que quando mais próxima a dessecação da época de semeadura, menor foi o desenvolvimento e a produtividade do girassol em até 50%. Os autores indicam uma possível alelopatia da pastagem ou efeitos fitotóxicos do glifosato.

De acordo com Santos et al. (2007) em avaliação de épocas de dessecação de pastagem no dia da semeadura e aos 7 e 21 dias antes, a dessecação e semeadura da soja no mesmo dia podem afetar o desenvolvimento da cultura, promovendo efeito negativo na atividade dos microrganismos do solo. O intervalo entre dessecação e semeadura da soja resistente ao glifosato deve ser de, pelo menos, sete dias.

Os resultados encontrados neste estudo comprovam que nas condições de solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica a utilização da pastagem como fonte de nitrogênio e matéria orgânica para o solo reflete fortemente na nodulação e desenvolvimento da soja. Segundo Calonego et al. (2012) em trabalho realizado em solos semelhantes verificou-se que a pastagem tem uma relação C/N alta, mas ocorre 50% de sua degradação após 45 dias de sua dessecação. Isto pode proporcionar um aporte considerável de N no solo o que influencia positivamente na nodulação e no desenvolvimento inicial da soja.

Conclusões

- A dessecação antecipada da pastagem aos 150 dias antes do cultivo da soja proporcionou ganhos consideráveis de nodulação e rendimento da soja em comparação ao período de quinze dias.
- O rendimento do milho, após o primeiro cultivo da soja, foi influenciado significativamente pelos maiores períodos de antecipação da dessecação efetuada antes do cultivo da soja.
- A escarificação realizada no início do experimento não influenciou no rendimento da soja e do milho.

Referências

- AMARAL, C. B. et al. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, 2016.
- BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009.
- CALONEGO, J. C. et al. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.
- CAMPOS, B. C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. Eficiência da fixação biológica de N₂ por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 3, p. 583- 592, 2001.
- CARDOSO, D. P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.
- CHERUBIN, M. R. et al. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no sul do Brasil. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 07, n. 01, p.76 – 85, jan/abr. 2014.
- CIIAGRO. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>> Acessado em 22 set. 2016.
- COSTA, M. R. et al. Sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de soja tratadas com fungicidas e os efeitos sobre a nodulação e a produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, n. 3, p. 186-192, 2013.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

EMBRAPA. 2012, Sistema Plantio Direto (SPD). [s.d.]. Disponível em http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/sistema_plantio_direto.pdf. Acesso em: 12 nov. 2015.

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

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

FLECK, M. A. R. et al. Métodos de quantificação da cobertura foliar da infestação de plantas daninhas e da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, 2004.

GIANCOTTI, P. R. F.; NEPOMUCENO, M. P.; ALVES, P. L. C. A. Desiccation Periods of *Urochloa brizantha* 'Piatã' Before Sunflower Sowing. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 6, p. 118, 2013.

GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.

GUBIANI, P.I.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Interação entre a disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 765-773, 2014.

GUERRA, W. E. X. et al. Manejo químico e físico na pastagem antecedendo o cultivo da soja em sistema semeadura direta na região Oeste Paulista. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.Especial 2, Out. 2014, p.01-171. ISSN: 1809-8215

HUNGRIA, M. et al. Inoculant preparation, production and application. In: **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment**. Springer Netherlands, 2005. p. 223-253.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Embrapa Soja; Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2001.

KRENCHINSKI, F. H. et al. Dessecação de espécies de cobertura do solo com formulações de glifosato. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 104-111, 2013.

KUNZ, M. et al. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1699-1708, 2013.

NEPOMUCENO, M. P. et al. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, p. 557-565, 2012.

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

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

REIS, M. R. et al. Mycorrhizal colonization, nodulation and yield of roundup ready soybeans after applying different formulations Glifosato. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 563-569, 2014.

RICCE, W. S.; ALVES, S.J.; PRETE, C.E.C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1220-1225, 2011.

SANTI, A. L. et al. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, v. 129, n. 1, p. 24-30, 2009.

SANTOS, J. B. et al. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 869-875, 2007.

SANTOS NETO, J. T. et al. Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. **FAZU em Revista**, n. 10, p.8-12, 2013.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.421-428, 2008.

VAUCLARE, P. et al. An overview of the metabolic differences between *Bradyrhizobium japonicum* 110 bacteria and differentiated bacteroids from soybean (*Glycine max*) root nodules: an in vitro ¹³C-and ³¹P-nuclear magnetic resonance spectroscopy study. **FEMS microbiology letters**, v. 343, n. 1, p. 49-56, 2013.