

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GUILHERME LEANDRO LEONEL

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO APÓS CONSÓRCIOS FORRAGEIROS PARA A
PRODUÇÃO DE SILAGEM**



**Ilha Solteira - SP
2024**

GUILHERME LEANDRO LEONEL

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO APÓS CONSÓRCIOS FORRAGEIROS PARA A
PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, para
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L583a Leonel, Guilherme Leandro.
Alterações químicas do solo após consórcios forrageiros para a produção de silagem / Guilherme Leandro Leonel. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
44 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. *Crotalaria ochroleuca*. 2. Ensilagem. 3. *Fagopyrum esculentum*. 4. Fertilidade do solo. 5. Matéria orgânica. 6. *Sorghum bicolor*.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Alterações químicas do solo após consórcios forrageiros para a produção de silagem

ALUNO: Guilherme Leandro Leonel

RA: 181052806

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 98

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Viviane Cristina Modesto



Dra. Naiane Antunes Alves Ribeiro



Guilherme Leandro Leonel

Ilha Solteira, 11 de dezembro de 2024.

Dedico esse trabalho aos meus pais e meus irmãos que não mediram esforços para me apoiar, inspirar e capacitar para alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha gratidão a Deus, cuja presença constante iluminou minha jornada e me deu força em cada desafio enfrentado.

À minha família, um agradecimento especial por todo o incentivo e suporte incondicional. Vocês foram meu alicerce, sempre me motivando a seguir em frente, não desistir e a acreditar nos meus sonhos.

A equipe Andreotti merece um grande reconhecimento por me proporcionar momentos inesquecíveis e muito aprendizado. Obrigado pelo auxílio em todas as atividades, pela colaboração e pela amizade. Em especial, quero agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Andreotti, cuja confiança e oportunidades me permitiram crescer tanto acadêmica quanto pessoalmente.

Agradeço à Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, aos professores que puderam transmitir seus conhecimentos e permitir a convivência ao longo desses anos, e aos funcionários da fazenda (FEPE) que proporcionaram todo auxílio necessário.

Aos meus amigos de faculdade que me acompanharam e aos que também já não estão conosco! Em particular, ao meu amigo e quase irmão, Guilherme Victor Vieira Pedro. Você esteve ao meu lado nos melhores e piores momentos, do começo ao fim, sempre me motivando e mostrando que daria tudo certo.

Por fim, agradeço às repúblicas Pró Álcool, Canta Galo e Bola Gato. Os momentos de descontração, as risadas e os ensinamentos que vivenciei, levarei para sempre comigo.

Seria impossível agradecer a todos em tão poucas palavras, mas a todos que me acompanharam nesses anos a minha eterna gratidão, sempre serão parte da construção da minha vida pessoal e profissional.

"Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.
Mas se você não fizer nada, não haverá resultados."
Mahatma Gandhi

RESUMO

A prática da ensilagem na agricultura tropical vem sendo extremamente usual, visto períodos de escassez hídrica, o qual pode afetar a disponibilidade de alimento para animais. Um dos problemas relacionados a essa prática é a exportação de quase todo o material vegetal, o que pode acarretar diminuição dos teores de matéria orgânica no solo, essencial para países tropicais com solos altamente intemperizados. O consórcio de plantas de cobertura, pode ser uma alternativa viável para incrementar o volume de material para ensilagem, com reflexo na exploração do solo pelas raízes, além de que, algumas plantas do consórcio tem a capacidade de rebrotar e garantir aumento do volume de palhada. Partindo desse pressuposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a resposta de diferentes biomassas agindo na fertilidade do solo sob influência do consórcio de plantas após a ensilagem. O estudo foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 7x2, onde se avaliou 7 consórcios com combinação de *Sorghum bicolor* e diferentes forrageiras, em 2 espaçamentos para o sorgo granífero (0,45 m e 0,90 m). O estudo foi conduzido em campo, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura argilosa (50% argila), sob condução em Sistema Plantio direto por 12 anos, em área de sequeiro. Três meses após a retirada das plantas para ensilagem, nos dois ciclos dos consórcios (2020/21 e 2021/22), foi avaliada a produção de matéria seca referente a rebrota, e realizadas coletas de solo para avaliação da sua fertilidade. Foi constatado que o consórcio de plantas, mesmo após ensilagem, foi capaz de contribuir para melhoria nos teores de P, Ca, Mg, MO e valores de CTC, SB e V%. O consórcio de *Sorghum bicolor*, *Urochloa brizantha*, *Fagopyrum esculentum* e *Crotalaria ochroleuca*, foi capaz de produzir maior quantidade de biomassa na rebrota e contribuir com a melhoria geral dos atributos da fertilidade do solo, mesmo com dois anos de colheita para ensilagem.

Palavras chave: *Crotalaria ochroleuca*, ensilagem, *Fagopyrum esculentum*, fertilidade do solo, matéria orgânica, *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

The practice of silage in tropical agriculture has become extremely common, especially during periods of water deficit, which can affect the availability of feed for animals. One of the issues related to this practice is the exportation of all plant material, which can lead to a decrease in organic matter levels in the soil, essential for tropical countries with highly weathered soils. The intercropping of cover crops can be a viable alternative to increase silage volume and soil exploitation by roots, as intercropped plants have the ability to regrow and ensure a good volume of straw. Based on this premise, the objective of this study is to evaluate the response of different organic biomasses on soil chemical properties influenced by the intercropping of plants after silage. The study was conducted using a randomized block design in a 7x2 factorial scheme, where 7 intercrops combining *Sorghum bicolor* and different forage species were evaluated at 2 spacings for *Sorghum bicolor* (0.45 m and 0.90 m). The study was conducted in the field on a dystrophic Oxisol with clay texture (50 % clay), managed under a no-tillage system for 12 years in a rainfed area. Three months after the plants were removed for silage, dry matter from regrowth was assessed, and soil samples were collected to evaluate soil fertility. It was found that the intercropping of plants, even after silage, was able to contribute to improvements in the levels of P, Ca, Mg, MO and CTC, SB, and V% values. The treatment with *Sorghum bicolor*, *Urochloa brizantha*, *Fagopyrum esculentum*, and *Crotalaria ochroleuca* produced a greater amount of biomass in regrowth and contributed to the overall improvement of soil fertility parameters.

Keywords: *Crotalaria ochroleuca*, silage, *Fagopyrum esculentum*, soil fertility, organic matter, *Sorghum bicolor*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos visando caracterização do solo da área experimental. Selvíria, MS, 2020.	24
Tabela 2. Somatório das médias de matéria seca total (MSPT) e matéria seca da rebrota (MSR), os dois anos de cultivos dos consórcios de plantas de cobertura para solo em SPD, em Selvíria MS, safrinha 2021/23.	26
Tabela 3. Médias dos atributos químicos do solo em sistema plantio direto (SPD) para fósforo (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), em função de diferentes consórcios e espaçamentos de plantas de cobertura na camada de 0 - 0,10 m em Selvíria, MS, safrinha 2022/23.	31
Tabela 4. Médias dos atributos químicos do solo fósforo (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), em função de diferentes consórcios e espaçamentos de plantas de cobertura na camada de 0,10 a 0,20 m, em Selvíria, MS, safrinha 2022/23.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do primeiro ano do experimento. Selvíria, MS.	22
Figura 2. Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do segundo ano do experimento. Selvíria, MS.	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ILP	Integração Lavoura-Pecuária
SPD	Sistema plantio direto
MSPT	Matéria seca total
MSR	Matéria seca de rebrota
P	Fósforo
MO	Matéria orgânica
pH	Potencial hidrogeniônico
S	Enxofre
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
H+Al	Acidez potencial
Al	Alumínio
SB	Soma de bases
CTC	Capacidade de troca catiônica
V	Saturação por bases

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 IMPORTÂNCIA DA PALHADA PARA O SPD E FATORES QUE INFLUENCIAM SUA FORMAÇÃO	16
2.2 PLANTAS DE COBERTURA	18
2.3 IMPORTÂNCIA DAS RAÍZES NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO.....	19
2.4 PRÁTICA DA REBROTA PARA ÁREAS DE SILAGEM	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

A nutrição adequada é um dos aspectos mais cruciais no sistema de produção de ruminantes. No Brasil, no entanto, as variações climáticas geram períodos em que a produção de pastagens, a base alimentar desses animais, é insuficiente. Esses períodos, conhecidos como vazios forrageiros, tornam o uso de volumosos conservados essencial para suprir a falta de pasto. A ensilagem é uma técnica utilizada para armazenar esses volumosos, permitindo seu uso durante os momentos de menor crescimento das pastagens (Neumann *et al.*, 2014). Segundo a Embrapa (2006) esse processo se baseia na conservação da matéria seca através da fermentação em ambiente anaeróbico, preservando as qualidades nutricionais do alimento para quando ele for utilizado.

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) oferecem diversas vantagens, como o aumento da produtividade, tanto das plantas, quanto dos animais, além da diversificação das atividades agrícolas, a recuperação de pastagens degradadas, a produção de forragem de qualidade na entressafra, melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, e a redução de doenças, pragas e plantas daninhas nas áreas cultivadas (Silva *et al.*, 2018).

Uma alternativa que vem sendo explorada é o uso de leguminosas em consórcio com gramíneas para a produção de silagem. A combinação de leguminosas com gramíneas melhora a qualidade da massa ensilada, aumentando o teor proteico e a digestibilidade dos nutrientes. Isso resulta em melhor ingestão alimentar e impactos positivos na produção, como aumento de peso e produção de leite, devido ao seu alto valor nutricional (Epifanio *et al.*, 2016; Santana *et al.*, 2015).

A prática de ensilagem utilizando culturas de grãos associadas a espécies forrageiras tropicais na ILP é relativamente nova. Contudo, as pastagens formadas nesses sistemas produtivos não servem apenas para alimentar os animais; elas também têm um papel importante na melhoria do ambiente de produção, oferecendo palhada para o sistema plantio direto (SPD). Os resíduos vegetais na superfície do solo e, principalmente, as raízes, beneficiam as culturas subsequentes, melhorando as propriedades físicas (como a agregação de partículas e a redução da compactação), químicas (aumento da matéria orgânica pela decomposição e mineralização) e biológicas do solo (aumento da atividade microbiana). Além disso, o acúmulo de carbono em solos sob SPD é fundamental, considerando a crescente necessidade de adotar técnicas que promovam a qualidade ambiental nos cultivos atuais. (Silva *et al.*, 2011.)

Um dos problemas apontados para a adoção da produção de silagem nas áreas agrícolas é a alta exportação de quase todo o material vegetal, o que pode acarretar diminuição dos teores de matéria orgânica e nutrientes no solo, essencial para países tropicais com solos altamente intemperizados. Portanto, o consórcio de plantas de cobertura, pode ser uma alternativa viável para incrementar o volume de material para ensilagem, com reflexo na exploração do solo pelas raízes, além de que, algumas plantas do consórcio tem a capacidade de rebrotar e garantir aumento do volume de palhada. Partindo desse pressuposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a resposta de diferentes biomassas agindo na fertilidade do solo sob influência do consórcio de plantas após a ensilagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA PALHADA PARA O SPD E FATORES QUE INFLUENCIAM SUA FORMAÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) tem se consolidado como a principal tecnologia de cultivo no Cerrado brasileiro. Em 2003, já representava 40,8% dos sistemas de produção e, segundo estimativas, essa participação superou 65% em 2008/2009 (Macedo, 2009). Esse avanço expressivo é resultado dos benefícios proporcionados pela condução do solo em SPD, como maior produtividade, redução de custos e preservação do meio ambiente. Contudo, para que o SPD seja plenamente eficiente, é fundamental a seleção de culturas capazes de fornecer a quantidade de palha necessária para cobrir o solo e manter suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Para garantir o sucesso do SPD, é fundamental que a palhada se forme adequadamente na superfície do solo. A escolha apropriada da espécie vegetal é crucial, considerando as condições climáticas específicas de cada área e tipo de solo (Kliemann *et al.*, 2006). Muitas culturas têm sido exploradas e estudadas para a cobertura do solo, rotação e pastejo durante o outono e inverno. Dentre as opções mais promissoras, destacam-se o milho, o milheto, o sorgo granífero e o forrageiro, além do nabo forrageiro e gramíneas tropicais, que podem ser utilizadas em consórcio ou isoladamente, principalmente as do gênero *Urochloa* e *Megathirsus* (Macedo, 2009).

O Cerrado apresenta um clima com invernos secos, temperaturas elevadas ao longo do ano e uma estação seca prolongada, o que dificulta a introdução de plantas de cobertura e a manutenção da palhada na superfície do solo, representando um grande desafio para a continuidade do SPD em climas tropicais. Nessa região, as taxas de decomposição podem ser até dez vezes superiores às observadas em áreas de clima temperado (Pacheco *et al.*, 2008).

O uso de espécies forrageiras, como *Urochloa* e *Megathirsus*, para formar palha tem atraído o interesse de muitos agricultores e estudiosos. Essas gramíneas são eficazes na preservação da palhada devido à sua elevada relação entre carbono e nitrogênio (C/N) e lignina/N total, o que diminui a velocidade de decomposição e favorece seu uso em regiões mais quentes, como o Cerrado brasileiro. Elas também se destacam pela capacidade de adaptação a solos menos férteis, facilidade de estabelecimento e alta produção de biomassa, resultando em uma cobertura vegetal significativa (Torres, 2003; Kluthcouski; Aidar, 2003; Andrioli, 2004; Pariz *et al.*, 2010; Pariz *et al.*, 2011, d; Costa *et al.*, 2012).

Com isso, a utilização de gramíneas que possuem uma relação maior entre lignina e nitrogênio contribui para uma decomposição mais lenta da palhada, alterando processos como imobilização, mineralização e lixiviação. É comum alcançar produtividades médias de até 12 t ha⁻¹, assegurando uma cobertura adequada do solo e boa espessura da camada de palhada, especialmente em consórcio com o milho (Crusciol *et al.*, 2009).

Portanto, a combinação da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) com o SPD tem demonstrado ser uma abordagem eficiente para a preservação dos recursos naturais e uso sustentável do solo. Esse sucesso deve-se ao fato de que a palhada proveniente de plantas de cobertura, pastagens e restos culturais cria um ambiente favorável para a recuperação ou manutenção das propriedades químicas e físicas do solo (Kluthcouski *et al.*, 2007).

A decomposição dos resíduos das culturas é uma variável essencial para a ciclagem de nutrientes no plantio direto, e compreender sua dinâmica é vital para otimizar o uso dos nutrientes reciclados. As taxas de decomposição dependem da natureza do material vegetal, volume, fertilidade do solo, manejo da cobertura e condições climáticas, especialmente a pluviosidade e temperatura (Kliemann *et al.*, 2006).

A manutenção da palhada na superfície do solo é igualmente importante para proteger e conservar o sistema solo-planta (Kliemann *et al.*, 2006). Isso enfatiza a necessidade de gerar palhada que se decomponha lentamente, prolongando sua presença no solo (Torres *et al.*, 2005). Vários estudos indicam que a quantidade de nutrientes acumulados nas plantas de cobertura varia conforme a espécie, a fertilidade do solo, o estágio de crescimento durante a dessecação, a quantidade depositada, a relação C/N e lignina/N total, a época de semeadura e as condições climáticas específicas (Boer *et al.*, 2007; Teixeira *et al.*, 2011; Pariz *et al.*, 2011, a).

Entretanto, em sistemas de ILP, o manejo adequado das pastagens é crucial (Martha Júnior, Vilela, 2007). Apesar dos benefícios decorrentes da adubação residual das culturas de grãos, principalmente em fósforo (P) e potássio (K), o nitrogênio (N) tende a estar grande parte imobilizado na palhada durante os primeiros 5-10 anos de SPD (Anghinoni, 2007), o que pode restringir o desenvolvimento do capim. O cultivo sucessivo de gramíneas também pode resultar em uma diminuição do N ao longo do tempo, levando à imobilização pelos microrganismos (Kliemann *et al.*, 2006).

Assim, a quantidade de N necessária para atender às demandas das culturas varia de acordo com o ambiente de cultivo e o sistema de rotação, sendo maior quando a rotação é feita apenas com gramíneas (Rosolem *et al.*, 2004). Além disso, o consórcio de gramíneas produtivas com capins, no SPD pode aumentar a demanda por N para o crescimento adequado das culturas

(Mateus *et al.*, 2011). Portanto, a adubação nitrogenada do capim durante o outono até a primavera pode ser uma estratégia viável para incrementar a produtividade, tanto da forragem quanto dos grãos, cultivados em sucessão (Pariz *et al.*, 2011, c).

2.2 PLANTAS DE COBERTURA

A utilização estratégica de plantas de cobertura, aliada a um sistema diversificado de rotação de culturas, é uma abordagem eficaz para aumentar o acúmulo de palhada no solo do Bioma Cerrado durante o plantio direto (Wutke *et al.*, 2014). Durante a entressafra, essas plantas captam nutrientes de camadas mais profundas, armazenando-os em suas raízes e partes aéreas. Posteriormente, esses nutrientes são liberados na superfície do solo pela decomposição e mineralização dos resíduos, contribuindo para um ambiente saudável para as próximas safras (Lima Filho *et al.*, 2014).

As gramíneas e leguminosas são as principais famílias utilizadas para cobertura. As leguminosas, em particular, são uma valiosa fonte de nitrogênio (N) por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (Aita; Giacomini, 2006). Entretanto, essas espécies geralmente produzem menos matéria seca, com um desenvolvimento inicial mais lento e seus resíduos se decompõem rapidamente (Silva *et al.*, 2006). Por outro lado, o uso exclusivo de gramíneas pode prejudicar culturas subsequentes devido à imobilização de N durante a decomposição, embora elas sejam eficazes na extração de N do solo, resultando em maior produtividade de matéria seca e acúmulo de nutrientes (Kramberger *et al.*, 2009).

Dentre as leguminosas recomendadas para cobertura, destaca-se a *Crotalaria ochroleuca*, uma planta dicotiledônea anual que prospera em solos com baixos índices de fertilidade e teor de matéria orgânica. Ela se desenvolve rapidamente, possuindo raízes vigorosas que podem quebrar camadas compactadas do solo, e demonstra resistência a fitonematoides como *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus*. A *Crotalaria ochroleuca* gera mais matéria seca que a *Crotalaria spectabilis* e se aproxima da produtividade da *Crotalaria juncea*, que ainda carece de mais pesquisas em ambientes de Cerrado (Crusciol *et al.*, 2009; Cherubin *et al.*, 2022).

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) também é recomendado como planta de cobertura (Amelchanka; Kreuzer; Leiber, 2010) devido à sua elevada tolerância à acidez e habilidade em utilizar sais de fósforo e potássio pouco solúveis, mostrando bom desempenho em solos pobres, ideal para culturas de safrinha e rotação em áreas extensivas (Görgen, 2013).

Além disso, Pasqualetto et al. (1999) destacam seu papel no controle de plantas daninhas, tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas. O material vegetal do trigo mourisco se decompõe rapidamente, disponibilizando nutrientes para as culturas subsequentes.

As gramíneas forrageiras, especialmente as do gênero *Urochloa*, têm demonstrado excelente desempenho em sistemas de plantio direto e agricultura integrada, devido à sua alta produção de massa seca e relação C/N favorável (Pariz et al., 2011, a; Rossi et al., 2013; Costa et al., 2015). A *Urochloa brizanta* cv. BRS Paiaguás, em particular, é uma opção de qualidade para produção de matéria seca em solos de fertilidade média no cerrado. Esta cultivar foi selecionada com base em sua produtividade, vigor e produção de sementes, e embora não seja resistente à cigarrinha das pastagens, mostra um bom potencial no período seco, com alto teor de folhas e valor nutritivo.

Nos últimos anos, o uso do sorgo na alimentação animal tem crescido significativamente, principalmente devido à sua resistência ao estresse hídrico, superando o milho (Alves et al., 2012), o que o torna uma excelente opção para regiões tropicais que enfrentam períodos de seca. Outra linha de pesquisa sobre o sorgo em consórcios envolve o espaçamento entre as plantas. Quando consorciado a uma distância de 0,90 m, as plantas de cobertura se desenvolvem melhor que o sorgo, pois têm mais espaço para crescer. Em contraste, um espaçamento de 0,45 m favorece o crescimento do sorgo, resultando em silagem com características predominantes do sorgo. (Silva et al. 2018).

Assim, o consórcio de diferentes espécies de plantas de cobertura ajuda a mitigar os problemas associados ao cultivo exclusivo. Isso ocorre porque a relação C/N dos resíduos de consórcios é intermediária entre a encontrada em espécies cultivadas isoladamente, sendo a relação C/N um fator determinante na taxa de decomposição (Giacomini, 2001). Portanto, a composição química dos resíduos vegetais, incluindo hemicelulose, celulose e lignina, é fundamental para estabelecer uma cobertura eficaz no solo (Carvalho et al., 2009, a).

2.3 IMPORTÂNCIA DAS RAÍZES NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

O SPD é uma abordagem agrícola que busca cuidar do solo e tornar a produção mais sustentável. Um dos pontos-chave desse sistema é o papel das raízes das plantas, que têm um impacto direto na estrutura do solo, na absorção de nutrientes e na resistência à erosão. Quando bem desenvolvidas, elas criam poros e galerias que ajudam na aeração e na infiltração da água. A presença de raízes, especialmente em SPD ajuda a manter a integridade do solo, evitando sua

compactação e proporcionando um ambiente saudável para o crescimento de novas plantas (Hernani, 2021). Um estudo de Araújo *et al.* (2014) mostrou que as raízes de forrageiras, como as braquiárias, ao serem cultivadas junto com culturas como a soja, conseguem aumentar a profundidade e o volume do sistema radicular, melhorando a exploração do solo.

Raízes bem formadas são fundamentais para a absorção eficiente de nutrientes. Elas têm mais capacidade de buscar água e nutrientes no solo, o que se reflete em uma produtividade maior. Pesquisas indicam que a forma como as raízes se distribuem no solo afeta diretamente a aquisição de nutrientes, permitindo que as plantas se adaptem melhor às diferentes condições do solo. Além disso, um manejo adequado pode fazer com que as raízes explorem até oito vezes mais área no solo (Primavesi, 2020).

Manter a palhada é uma prática crucial no SPD, pois cria um microclima favorável para o crescimento das raízes. A decomposição da palhada enriquece o solo com matéria orgânica, melhorando suas propriedades físicas e químicas. Além disso, a palhada ajuda a reter umidade, o que é vital para o desenvolvimento das raízes, especialmente em períodos de seca. (Silva *et al.* 2018).

A estrutura das raízes também é fundamental para ajudar as plantas a enfrentar a falta de água. Raízes mais profundas conseguem acessar água em camadas mais baixas do solo, aumentando a resiliência das plantas em períodos secos. Estudos demonstram que práticas como a calagem superficial podem impulsionar o crescimento das raízes e aumentar a produtividade das culturas em situações de estresse hídrico (Plantio Direto, 2022). Segundo Santos *et al.* (2018), a importância das raízes no SPD é ampla, envolvendo desde a melhoria da estrutura do solo até a eficiência na absorção de nutrientes e a adaptação ao estresse hídrico. Um manejo adequado das culturas e a manutenção da palhada são fundamentais para maximizar os benefícios oferecidos pelas raízes, promovendo uma agricultura mais sustentável e produtiva.

2.4 PRÁTICA DA REBROTA PARA ÁREAS DE SILAGEM

A rebrota é um aspecto fundamental no manejo de forrageiras, afetando diretamente tanto a produtividade quanto a sustentabilidade das pastagens. Esse processo acontece quando novas folhas e perfilhos emergem após cortes ou pastejos, sendo essencial para a longevidade das gramíneas. As novas brotações surgem principalmente a partir de meristemas apicais e gemas axilares, que são responsáveis pela produção de folhas. Essas estruturas são vitais para

a recuperação das plantas depois de serem desfolhadas (Martuscello *et al* ;2005). De acordo com Salomão (2010), a rebrota está ligada à quantidade de tecido fotossinteticamente ativo que sobra após o corte, o que impacta diretamente a capacidade da planta de gerar energia para crescer.

Costa (1991) observou que cortes menos frequentes podem resultar na remoção excessiva dos meristemas apicais, prejudicando a recuperação das plantas. Além disso, Costa e Paulino (1999) destacaram que o vigor da rebrota diminui à medida que as plantas envelhecem, enfatizando a importância de um manejo cuidadoso para manter a produtividade.

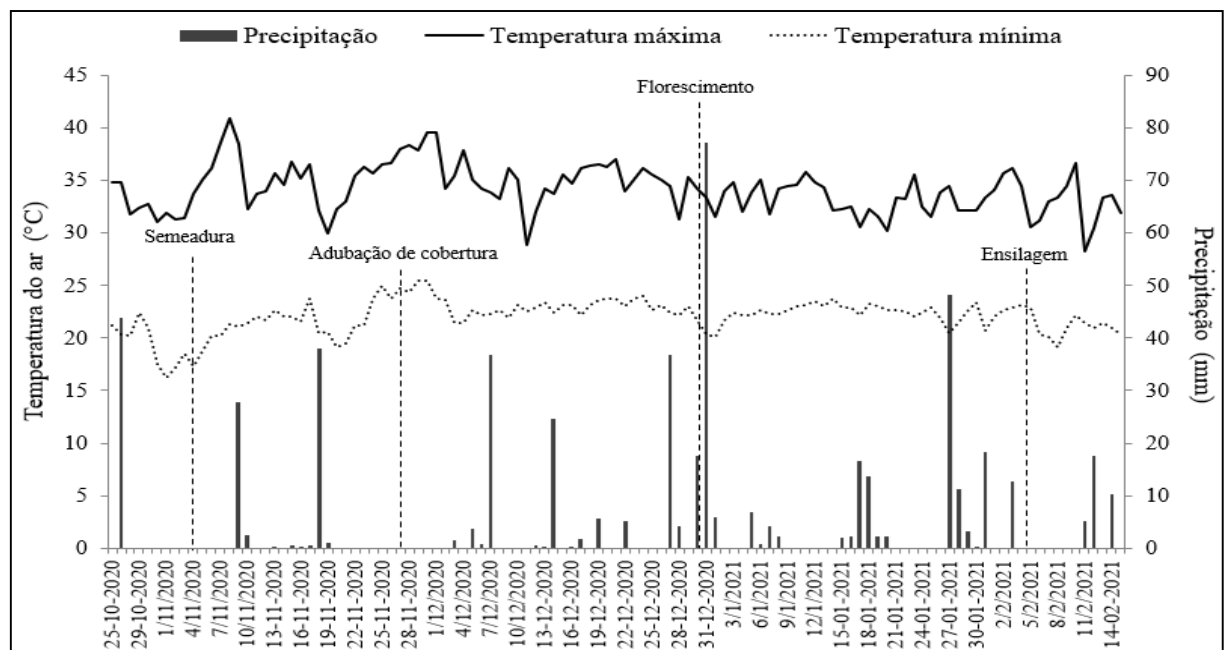
A disponibilidade de carboidratos de reserva é outro fator crítico para a rebrota. Após cortes intensos, as plantas recorrem a esses estoques para dar início ao crescimento. Harris (1976) ressaltou que a eficiência da rebrota está ligada à quantidade de carboidratos armazenados e à capacidade fotossintética das folhas que restam. A recuperação das plantas depende, portanto, de uma rápida reposição das folhas e do restabelecimento do equilíbrio entre fotossíntese e respiração.

Além disso, a rebrota desempenha um papel importante na sustentabilidade dos sistemas de pastagem. Plantas que rebrotam bem mantêm uma parte aérea jovem e saudável, o que melhora a qualidade da forragem disponível para os animais. A cobertura vegetal também ajuda a reduzir a erosão do solo e melhora a infiltração de água, criando um ambiente mais equilibrado. Compreender os fatores climáticos e como eles interagem com as forrageiras é fundamental para otimizar o manejo e garantir a eficácia do sistema (Ruggieri, 2009). Em resumo, a rebrota é um elemento-chave na dinâmica dos sistemas forrageiros, influenciando tanto a produção quanto a qualidade da forragem. Um manejo adequado das pastagens, aliado ao conhecimento dos processos fisiológicos da rebrota, pode levar a sistemas mais produtivos e sustentáveis.

3. MATERIAL E MÉTODOS

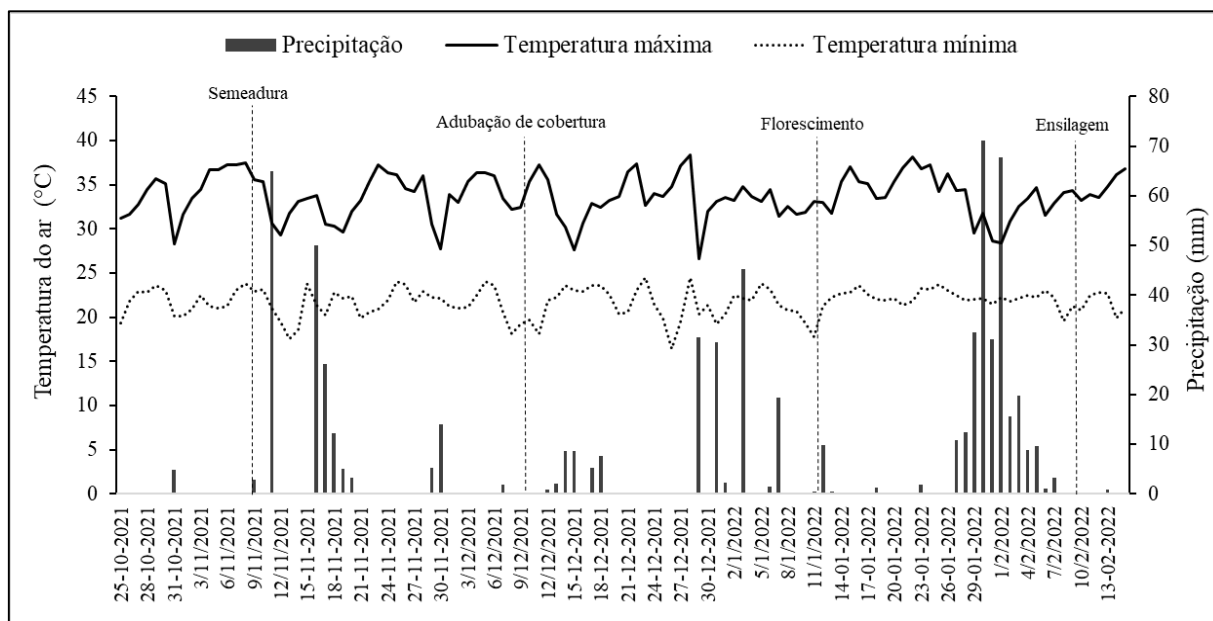
O experimento foi desenvolvido em área experimental pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS. O clima da região é do tipo Aw apresentando temperatura e precipitação média anual de 25 °C e 1.313 mm, respectivamente (Portugal *et al.*, 2015). As condições climáticas durante a condução do experimento constam nas Figuras 1 e 2.

Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do primeiro ano do experimento. Selvíria, MS, 2021



Fonte: Canal Clima UNESP Ilha Solteira.

Figura 2. Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do segundo ano do experimento. Selvíria, MS, 2022



Fonte: Canal Clima UNESP Ilha Solteira.

O histórico da área em que o experimento foi instalado teve como cultivos nos últimos anos agrícolas: milho + *Urochloa spp.* + guandu-anão (Safrá 2014/15) e feijão de inverno (Safrá 2015); milho + *Urochloa spp.* + guandu-anão (Safrá 2015/16) e feijão de inverno (Safrá 2016); soja (Safrá 2016/17) e sorgo + *Urochloa spp.* (Safrá 2017); soja (Safrá 2017/18) e sorgo + *Urochloa spp.* (Safrá 2018); soja (Safrá 2018/19) e aveia preta (Safrá 2019); soja (Safrá 2019/20) e aveia preta (Safrá 2020).

O solo da área experimental foi caracterizado como um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura argilosa (50% argila) (Santos *et al.*, 2018). Anterior à instalação dos diferentes consórcios forrageiros, foi realizada uma caracterização da fertilidade do solo (Tabela 1), para tanto foram coletadas 20 sub-amostras na profundidade de 0,00 a 0,20 m, as quais foram misturadas numa amostra composta e determinados os atributos conforme metodologia de Raij *et al.* (2001).

Tabela 1. Atributos químicos visando caracterização do solo da área experimental. Selvíria, MS, 2020.

Camadas	P-resina	MO	pH	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
M	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ⁻³ -----					----%----			
0,00 - 0,20	38	22	5,1	9	0,9	24	16	31	1	40,9	71,9	57	2

Fonte: Dados do autor.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 7x2, sendo os tratamentos constituídos por sete combinações de consórcio de sorgo granífero e plantas de cobertura, e dois espaçamentos entre as linhas de sorgo. Os tratamentos consistiram no cultivo de espécies vegetais em consórcio: T1- Sorgo Granífero cv. AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; T2- Sorgo Granífero + Trigo Mourisco cv. IPR 91; T3- Sorgo Granífero + *Crotalaria ochroleuca*; T4- Sorgo Granífero + *Urochloa brizantha* + Trigo Mourisco; T5- Sorgo Granífero + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria ochroleuca*; T6- Sorgo Granífero + Trigo Mourisco + *Crotalaria ochroleuca*; T7- Sorgo Granífero + Trigo Mourisco + *Crotalaria ochroleuca* + *Urochloa brizantha*, com espaçamento do sorgo granífero a 0,45 e a 0,90 m entrelinhas.

A semeadura do sorgo e das plantas de cobertura foi realizada no dia 04 de Novembro na safra 2020/21, e no dia 09 de Novembro na safra 2021/22. A densidade de semeadura do sorgo foi de 7,9 sementes m⁻¹ (175.550 plantas ha⁻¹) no espaçamento 0,45 m, e 14,8 sementes m⁻¹ (164.444 plantas ha⁻¹) de sulco no espaçamento 0,90 m. Em ambos anos agrícolas, a semeadura das plantas de cobertura foi realizada simultaneamente à semeadura da cultura do sorgo. O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) também foi semeado com espaçamento de 0,45 m entre linhas utilizando-se 8 kg ha⁻¹ de sementes. Em contrapartida, a semeadura de *Crotalaria ochroleuca* foi realizada com a semeadora para grãos miúdos com as linhas espaçadas a 0,34 m com densidade de 8 kg ha⁻¹ de sementes. Enquanto que a semeadura da *U. brizantha* cv. BRS Paiaguás se deu pelo uso da terceira caixa da semeadora-adubadora utilizada para o sorgo, específica para tal finalidade, utilizando-se 8 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis com VC de 80%.

A adubação de semeadura forneceu 24 kg de N, 84 kg de P₂O₅ e 48 kg de K₂O por hectare para ambos os anos. A adubação de cobertura na área foi realizada aos 28 e 30 dias após a semeadura, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ de 20-00-20, nas safras 2020/21 e 2021/22, respectivamente.

Nos dias 04/02/2021 e 10/02/2022, quando os grãos do sorgo granífero apresentavam em torno de 70% de matéria seca (MS), efetuou-se a colheita mecânica da massa vegetal dos consórcios para ensilagem com colhedora de forragem, modelo JF 1300, sendo o material picado em partículas médias de 2,0 cm. A altura de colheita para ensilagem foi de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo, coletando-se as duas linhas centrais de cada parcela para determinação da produção de massa seca, que após secagem a 65°C por 72 h, determinou-se a produção de matéria seca, a qual foi extrapolada por hectare. O ciclo do sorgo para confecção de silagem da planta inteira foi de 92 dias após a semeadura.

Após 60 dias da colheita do material vegetal para ensilagem, as rebrotas de plantas de sorgo granífero, plantas de cobertura e plantas espontâneas foram cortadas manualmente, rentes à superfície do solo, em quantidade correspondente a 1 m² nas respectivas parcelas experimentais, sendo 1 m² quadrado por parcela, para determinação da produção de matéria fresca da rebota, que após secagem a 65°C por 72 h, determinou-se a produção de matéria seca, extrapolada por hectare.

As amostras de solo foram coletadas no início da pesquisa (setembro de 2020) e dois anos após (após colheita do material vegetal para ensilagem – junho de 2022) com a finalidade de avaliação da fertilidade (Raij et al, 2001). A amostragem foi feita na camada arável, ou seja, de 0 - 0,20 m de profundidade. Foram coletados 5 pontos por parcela, nas camadas de 0 - 0,10 e de 0,10 - 0,20 m, utilizando o método de coleta mecanizado pela furadeira, semelhante ao trado de rosca. Após coletado, o solo foi colocado em baldes e homogeneizados, retirando os agregados, gravetos e outros resíduos, formando assim uma amostra composta por profundidade, separadas em saquinhos identificadas e levadas para a análise em laboratório.

A amostragem foi realizada em zigue-zague dentro de cada parcela, tomando o devido cuidado de não estar próximo da bordadura das parcelas, conseqüentemente de outros tratamentos, e evitando local com restos vegetais que estavam na superfície do solo, próximos a cupinzeiros, formigueiros, carreadores.

Após a tabulação dos dados, eles foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito do fator espaçamento foi avaliado por teste “t” (Student) e para os consórcios foi utilizado teste Scott-Knott. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Agroestat®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de matéria seca total (MSPT) e da matéria seca de rebrota (MSR) (Tabela 2), das plantas de cobertura nos consórcios (somatório dos dois anos de cultivo) mostraram que para MSR os dados apresentam médias significativas pelo teste de Scott Knott ($P \leq 0,05$).

Tabela 2. Somatório das médias de matéria seca total (MSPT) e matéria seca da rebrota (MSR), dos dois anos de cultivos dos consórcios de plantas de cobertura para solo em SPD, em Selvíria, MS, safreína 2021/23.

Tratamentos	MSPT	MSR
	t ha ⁻¹	
T1	50,61	12,1 b
T2	50,30	12,24 b
T3	51,29	12,33 b
T4	49,42	13,82 a
T5	51,76	13,12 a
T6	51,34	14,12 a
T7	48,72	14,80 a
Espaçamento (E)		
0,90m	51,72	14,81 a
0,45m	49,26	11,15 b
Teste F		
Teste F- Trat	0,23 ^{ns}	0,01*
Teste F- Esp	0,48 ^{ns}	0,01**
CV (%)	3,31	29,55

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para a fonte de variação Tratamento e pelo teste Tukey para a fonte de variação Espaçamento. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que CV: coeficiente de variação; T1: Sorgo + *Urochloa*; T2: Sorgo + Crotalária; T3: Sorgo + Trigo Mourisco; T4: Sorgo + *Urochloa* + Crotalária; T5: Sorgo + *Urochloa* + Trigo Mourisco; T6: Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco; T7: Sorgo + *Urochloa* + Crotalária + Trigo Mourisco.

Os tratamentos T4, T5, T6 e T7 apresentaram os maiores valores de matéria seca da rebrota, sendo que T7 apresentou maior resultado médio. Em geral, a rebrota foi de melhor qualidade nos tratamentos que apresentaram maior diversidade de plantas, visto melhor exploração do solo e diversidade do material. Para o espaçamento, foi verificado que plantas mais adensadas (0,45 m) produzem menos biomassa do que as menos adensadas (0,90 m), indicando que entre o consórcio com diferentes espécies pode haver competição, por isso, o maior espaçamento apresenta ser mais eficaz para produção de biomassa auxiliando no teor de MO do solo. O aumento do teor de matéria orgânica do solo, é capaz de auxiliar na retenção

de nutrientes pelas plantas, diminuindo perdas por lixiviação. Além disso, melhora a estruturação do solo, contribuindo com a relação água/ar, ou seja, concentração de macroporos e microporos, o que permite o aumento da infiltração e retenção de água, e desenvolvimento das raízes das plantas (Eiras, Coelho, 2010; Freitas, 2017).

Para os atributos químicos do solo na camada 0,00 - 0,10 m (Tabela 3), houve efeito significativo dos consórcios para P, MO, pH, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC e V% e dos espaçamentos para MO, K, H + Al e CTC. Para teores de P, os tratamentos T2, T4 e T6 se destacaram dos demais, sendo que T6 apresentou a maior média dentre os tratamentos, fato explicado pela adição da crotalária e também pelo maior volume de palhada produzido pelo trigo mourisco, que deixou maior volume de raízes no solo. O ponto em comum observado nesses tratamentos é a adição da crotalária ao consórcio de forrageiras usadas para palhada. Tem sido constatado em trabalhos que a utilização da crotalária pode aumentar os teores de P no solo, visto que seu sistema radicular pivotante pode penetrar o solo, descompactando-o, e facilitando a absorção de nutrientes pelas plantas, assim a palhada e suas raízes contribuem para um aumento considerável na fertilidade do solo (Wang *et al.*, 2008).

Além disso, diferentes autores citam uma melhoria considerável em parâmetros da microbiologia do solo quando consorciado crotalária entre as culturas da rotação, visto exsudatos provenientes da raiz da planta, além de possibilidade de favorecimento e/ou melhoria das condições do meio para microrganismos solubilizadores de fosfato, o que aumenta o P disponível para plantas (Le Bayon *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2010). Isso pode fazer com que a crotalária também acumule uma biomassa que contenha entre 20 - 27 kg ha⁻¹ de P, ou até uma maior concentração dependendo das condições do meio, sendo assim sua palhada enriquecida no nutriente é capaz de contribuir para culturas em SPD (Cherubin *et al.*, 2022, a).

A adição do trigo mourisco, além de aumentar o volume geral de palhada também aumentou o teor de P para esse tratamento, visto que a espécie possui a capacidade de extrair P do solo mesmo que esse esteja na forma de fosfatos insolúveis em água e ácidos fracos, contribuindo para o aumento da concentração do nutriente. Como as raízes das plantas ficaram no solo, acredita-se que isso tenha contribuído para aumento dos teores nutricionais de P (Li *et al.*, 2010; Cherubin *et al.*, 2022, b).

Para MO, as médias mostram que T2, T3, T6 e T7 apresentaram médias significativamente maiores que os demais, onde T6 e T7 apresentaram a maior média dentre os tratamentos (Tabela 3). No geral, a adição de mais plantas ao consórcio pode contribuir para aumento do volume total de palhada que será acrescido no sistema, porém, é necessário

observar a relação C/N das culturas utilizadas, pois isso influenciará na decomposição final da biomassa. A rebrota da crotalária e das folhas da braquiária apresentam uma relação C/N baixa, o que favorece a ciclagem de nutrientes de maneira rápida favorecendo as espécies da rotação. Além disso, a braquiária possui um sistema radicular profundo e agressivo, favorecendo a formação e estabilização dos agregados do solo, além de absorverem grandes quantidades de K e P, o que torna a palhada de maior qualidade nutricional (Carvalho *et al.*, 2009, b, Carvalho; Amabile 2006).

O trigo mourisco, além de ser uma planta rústica, é muito usual em solos de baixa fertilidade, pois se adapta bem às condições naturais em solos ácidos, produzindo bom volume de biomassa e auxiliando no controle de nematoides (Boer *et al.*, 2007; Derpsch *et al.*, 2014). A adição do sorgo forrageiro como padrão aos tratamentos vem para suprir essa necessidade de manter palhada no sistema mesmo quando a cultura da rotação estiver em campo, mantendo temperatura e umidade no solo, devido ciclagem mais lenta (Molina *et al.*, 2000). Além disso, os tratamentos com maior teor de MO foram verificados naqueles que tiveram maior incremento de palhada pela rebrota e que tiveram a crotalária na constituição do consórcio indicando que a presença da leguminosa é importante para melhoria de condições do meio.

O pH apresentou maiores médias para T2, T3, T5, T6, T7, com destaque para os tratamentos T2 e T5 com valor de pH de 6,1. Foi constatado que os tratamentos que tiveram maiores médias para MO, também apresentaram melhor pH, fato explicado pelo maior poder tampão em solos com maiores teores de MO, além de que, maiores quantidades de biomassa no solo podem contribuir com a flora microbiana, auxiliando no equilíbrio entre a interação solo/microrganismos, além de diminuir perdas de nutrientes por lixiviação, devido ao maior poder cimentante conferido ao sistema, afetando o pH. O Ca apresentou maior média para o tratamento T7, fato explicado pelo grande volume de palhada produzido pelo trigo mourisco, que segundo pesquisas pode chegar a produzir até 20 Mg ha⁻¹ de matéria seca, além da maior quantidade de palhada pela rebrota (Cherubin *et al.*, 2022). O maior volume de palhada mais diversificada, contribui para maior concentração de cálcio nos tecidos lignificados, que posteriormente foram liberados de maneira gradual afetando os resultados finais de teores de Ca no solo (Cherubin *et al.*, 2022).

As médias para os teores de Mg na camada 0 - 0,10 m (Tabela 3), mostram que o T1, T2, T5, T6, e T7, foram significativamente superiores ao T3 e T4, o que pode ser explicado pelos anos que o solo em questão está sob SPD, o que contribuiu para sua estabilização, porém de forma geral adicionar palhada ao sistema irá contribuir/manter os teores de Mg no solo,

principalmente por gramíneas, mais ricas em clorofila e de maior produção de biomassa, reciclando mais Mg e suprimindo a necessidade das plantas (Hernani, 2021).

Os teores de H+Al foram mais elevados para o tratamento T1 e T4, com o T4 de maior teor de H+Al na camada mais superficial do solo. Os tratamentos que apresentaram maiores teores de MO nessa camada, proporcionaram menores valores de H+Al (maior pH), mostrando que a concentração de MO influencia de forma geral os teores de H+Al, visto que a MO pode fornecer nutrientes para o sistema solo pelo seu poder tampão, influenciando também no incremento da CTC, visto a maior concentração de nutrientes para serem adsorvidos ao solo nesta camada (Hernani, 2021; Freitas et al., 2017). Solos ricos em MO, ao longo dos anos tornam-se solos mais equilibrados, aliando fatores físicos, químicos e microbiológicos, sendo responsáveis por sustentar quaisquer culturas frente à sua fertilidade corrigida (Cherubin; Schiebelbein, 2022). Como o solo apresentou pH elevado, não foi encontrado, para camada de 0 - 0,10 m, teores de Al tóxico.

Para SB, as médias dos tratamentos T5 e T7, foram superiores aos demais, sendo o T7 destacado, pois também apresentou maior teor de MO (Tabela 3), mostrando que a adição de sorgo, braquiária, crotalária e trigo, por complementariedade das espécies, contribuiu de forma eficaz para uma palhada e raízes mais ricas em nutrientes, capaz de manter a capacidade do solo e fornecer nutrientes para o solo de maneira a suprir a demanda das culturas e também da flora microbiana. Por incremento da SB, também na CTC, foi observado médias superiores para os tratamentos T5 e T7, com destaque, mais uma vez, para o T7, visto as características intrínsecas do consórcio com maior diversificação de espécies vegetais.

De forma geral, por sua exploração no solo e absorção de nutrientes a braquiária e a crotalária são culturas importantíssimas para o SPD, visto que são capazes de auxiliar no equilíbrio do sistema e contribuir com a saúde do solo (Cherubin; Schiebelbein, 2022; Cherubin et al., 2022). Por efeito dos consórcios, a V% teve médias significativamente maiores para T2, T3, T5, T6 e T7, com média maior para o T7. Adicionar palhada ao solo, é essencial para a agricultura de países tropicais, visto que a maioria dos solos nesses países são ácidos e de baixa fertilidade, altamente intemperizados, não possuindo argilas silicatadas (Bettiol *et al.*, 2023). Sendo assim, a MO é uma alternativa para aumento da fertilidade, visto que melhorar o perfil de solo, pensando em adubação de forma geral, deve atender às necessidades das culturas, construindo um perfil de solo corrigido e que tende a ter respostas ao longo de anos, desde que se consolide bem as práticas do SPD (Hernani, 2021).

Para efeito do espaçamento do sorgo, foi observado que as médias de MO, K, H+Al e CTC, foram significativas para o teste de Scott Knott ($P \leq 0,05$). O espaçamento de 0,90 m foi o que apresentou maiores médias para todos os atributos, em geral, mostrando que adensar as plantas pode provocar menor desenvolvimento das rebrotas (efeito competição e ganho do capim), influenciando no volume de palhada e consequentemente na ciclagem de nutrientes.

O SPD preconiza técnicas de sustentabilidade para o sistema solo, dentre seus pilares destacam-se o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e a manutenção de palhada como cobertura permanente do solo. Esse método de manejo se estrutura bem às condições dos países tropicais, visto que os solos pobres precisam de maior adição de palhada para manter um sistema equilibrado, por conta das suas características intrínsecas e clima. Trabalhos citam que a partir de 6 Mg ha⁻¹ de palhada são valores considerados importantes para manter ou auxiliar na melhor estruturação dos solos, porém como a ciclagem da MO é muito alta em solos tropicais, justamente pelo calor excessivo, chuvas e também a ação da flora microbiana, autores afirmam que teores de 20 a 30 Mg ha⁻¹ de palhada, ou 80% da cobertura total do solo, seriam essenciais para equilibrar melhor o sistema (Sá; Lal, 2009; Passos; Alvarenga; Santos, 2018; Gontijo Neto *et al.*, 2018).

É vital manter o histórico das safras anteriores, entendendo bem as culturas que estavam na área, sua produção de palhada, e inserir plantas de rotação que influenciem a microbiologia, fertilidade e descompactação, com diferentes espécies, para aumentar a diversidade e garantir maior exploração do solo. O consórcio de plantas na rotação, foco desse trabalho, é uma das práticas viáveis e vitais para aumentar o aporte de palhada, visto que essa constante biodiversidade favorece o sistema, contribuindo para um solo estável e saudável, capaz de sustentar diferentes espécies agrícolas (Cherubin; Schiebelbein, 2022; Cherubin *et al.*, 2022).

Tabela 3. Médias dos atributos químicos do solo em sistema plantio direto (SPD) para fósforo (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), em função de diferentes consórcios e espaçamentos de plantas de cobertura na camada de 0 - 0,10 m em Selvíria, MS, safinha 2022/23.

Tratamentos	P-resina	MO	pH	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³				mmol _c .dm ⁻³			%--
T1	29,7c	21,0b	5,5 b	4,4	2,3	34,4b	34,0a	37,9a	70,7b	108,6b	65,2b
T2	47,4a	26,4a	6,1a	4,0	2,4	38,6b	36,1a	28,2b	77,2b	105,4b	73,1a
T3	40,4b	26,7a	5,9a	3,9	2,4	37,2b	31,6b	30,0b	71,3b	101,3b	70,1a
T4	47,6a	23,9b	5,6b	3,2	2,3	36,2b	28,6b	38,5a	67,2b	105,7b	63,4b
T5	39,1b	24,5b	6,1a	4,4	2,6	40,9b	38,2a	32,5b	81,8a	114,3a	71,3a
T6	50,9a	27,2a	5,9a	4,4	2,3	35,0b	35,5a	31,1b	72,8b	103,9b	69,9a
T7	40,2b	27,2a	5,9a	3,7	3,1	48,2a	36,0a	31,2b	87,3a	118,6a	73,5a
Espaçamento											
0,90	42,1	28,0a	5,9	4,0	2,8a	39,0	34,1	34,9a	75,9	110,8a	68,3
0,45	43,0	21,8b	5,9	4,1	2,1b	37,1	35,2	30,9b	74,5	105,4b	70,5
Teste F - Trat	0,01**	0,01**	0,01**	0,25ns	0,21ns	0,03*	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**
Teste F - Esp	0,67ns	0,01**	0,81ns	0,72ns	0,01**	0,29ns	0,32ns	0,01**	0,57ns	0,01**	0,11ns
CV (%)	17,79	12,55	6,64	27,30	19,24	17,30	12,34	15,43	12,13	7,36	7,27

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para a fonte de variação Tratamento e pelo teste Tukey para a fonte de variação Espaçamento. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que CV: coeficiente de variação; T1: Sorgo + *Urochloa*; T2: Sorgo + Crotalária; T3: Sorgo + Trigo Mourisco; T4: Sorgo + *Urochloa* + Crotalária; T5: Sorgo + *Urochloa* + Trigo Mourisco; T6: Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco; T7: Sorgo + *Urochloa* + Crotalária + Trigo Mourisco.

Para os atributos químicos do solo, na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 4), houve efeito dos consórcios para todos os atributos químicos avaliados. Foi constatado, de forma geral, que para P, MO, pH e H+Al, os mesmos tratamentos que influenciaram na camada de 0-0,10 m também foram significativos para essa camada (T2, T3, T4, T5, T6 e T7), novamente pelo efeito de maior produção de matéria seca, diversificação de espécies e efeito direto das raízes na MO do solo. As médias de S, mostraram que, para camada 0,10-0,20 m, o T3 foi superior aos demais, por provável efeito de maior rebrota do trigo mourisco neste consórcio. Para os teores de K, o T1, T2, T5 e T7 apresentaram médias significativas superiores. As plantas forrageiras usadas no consórcio desses tratamentos absorvem K do solo a fim de regular sua função hídrica e auxiliar no processo fotossintético, além de que a mineralização dos materiais é um fator importante para manutenção dos teores de K no solo, sendo que os colmos da braquiária podem conter maior conteúdo de K (Giacomini *et al.*, 2003). A crotalária também é uma planta que recicla bem o K, pois estudos afirmam que esse valor pode chegar até 245 kg ha⁻¹ do nutriente (Cherubin *et al.*, 2022).

Os teores de Ca e Mg, apresentou médias significativamente maiores para o tratamento T2, porém todos os valores do conteúdo de Mg no solo apresentaram-se elevados. Neste tratamento T2, a crotalária teve um bom desenvolvimento inclusive na rebrota, o que aumentou consideravelmente o volume de palha e um sistema radicular pivotante e vigoroso, contribuindo para a ciclagem final dos nutrientes contidos nos tecidos vegetais. Para os teores de Al, as médias mostraram que T1, T3 e T4, apresentaram maior concentração na camada 0,10 - 0,20 m, ainda assim, com baixos valores. O T7 foi o único tratamento que não apresentou Al no solo, mostrando que esse consórcio de plantas de cobertura conseguiu melhorar a dinâmica do solo e auxiliar na menor acidificação e manutenção da fertilidade.

Para a SB, em função dos maiores teores de Ca e Mg, o T2 foi superior aos demais, mais uma vez pelo efeito no desenvolvimento da crotalária consorciada com apenas uma cultura (sorgo granífero) que foi crucial para melhorar a qualidade da palhada nesse tratamento. Para a CTC, os tratamentos T1, T2, T6 e T7, apresentaram médias superiores, onde, mais uma vez, a presença da braquiária e da crotalária nos tratamentos conferiu maior teor de MO no solo, devido volume de palhada e posterior ciclagem dos nutrientes. A MO possui cargas negativas em sua superfície que se aderem à superfície do solo, assim retendo nutrientes catiônicos (Hernani, 2021).

Os resultados para V% mostram que, T2 e T5, apresentaram significância nas médias pelo teste de Scott Knott ($P \leq 0,05$). A qualidade do material de origem, questões climáticas

como pluviosidade e temperatura, relação C/N e interação entre as plantas do consórcio são características que podem influenciar os atributos químicos da ciclagem, e, posteriormente, do solo (Primavesi, 2006; Passos; Alvarenga; Santos, 2018). Com relação ao espaçamento do sorgo granífero dos consórcios, no geral, as médias mostraram que adensar muito as plantas do consórcio pode causar um menor desenvolvimento de plantas, influenciando no volume final de palhada, o que pode afetar a posterior ciclagem de nutrientes, o que reduziu os teores de P, MO, S e K, entretanto, no menor espaçamento, pelo domínio das gramíneas no consórcio, principalmente do capim Paiaguás em rebrota, houve incremento da H + Al, do teor de Mg e da V% (Tabela 4).

Segundo Silva et al. (2007) a cobertura vegetal do solo, pode interferir nos seus atributos físicos, químicos e biológicos, porém a quantidade de matéria orgânica no solo, por si só, não é um fator de qualidade do solo em questão, mas sim um atuante que influencia direta e indiretamente na saúde do solo. Para que se atinja uma boa qualidade, em relação ao material vegetal, é necessário que se escolham plantas produtoras de biomassa e capazes de ciclar nutrientes, o que será indicativo de fertilidade na rotação, visto que a planta em si pode influenciar muito na qualidade final da palhada.

Desta forma, nesse trabalho constatou-se que os tratamentos que tiveram no consórcio crotalária e braquiária, de forma geral, apresentaram melhores resultados para fertilidade do solo nas camadas 0 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m, indicando que a qualidade da palhada foi influenciada quando os consórcios tiveram essas duas plantas. Para se escolher plantas de cobertura eficientes para rotação, é necessário que se leve em consideração a cultura principal que será utilizada, o clima do local, e, principalmente, se está se iniciando ou mantendo um SPD de anos. Solos que estão sob SPD durante muitos anos, como na presente pesquisa (mais de 12 anos), em geral, tendem ao equilíbrio químico, físico e biológico, sendo assim a adição de palhada ainda é essencial para se manter o equilíbrio. Um solo com SPD em processo inicial, necessita de maior volume de palhada e boa qualidade do material, para que ao longo dos anos esse sistema possa entrar em equilíbrio, portanto, nos primeiros anos, necessita de volume maior de palhada e de maior durabilidade (maior relação C/N), o que interfere na ciclagem dos nutrientes (Hernani, 2021; Bettiol *et al.*, 2023).

Para esse trabalho, verificou-se que a escolha das plantas de cobertura de melhor qualidade pode influenciar os atributos químicos do solo. Assim, a escolha do consórcio utilizado vai depender da necessidade vista pelo produtor/pesquisador, de acordo com os anos que o sistema está incluso no SPD, bem como clima local, disponibilidade das forrageiras,

adaptabilidade e benefícios do material vegetal, por isso a necessidade de se ter um controle do histórico da área e análises para visualizar o andamento dos atributos do sistema solo.

Tabela 4. Médias dos atributos químicos do solo fósforo (P), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), em função de diferentes consórcios e espaçamentos de plantas de cobertura na camada de 0,10 a 0,20 m, em Selvíria, MS, safreína 2022/23.

Tratamento	P-resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	S mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
T1	20,0b	15,7b	4,8b	4,4c	1,6a	17,0c	13,6d	59,7a	1,9a	32,2c	92,0a	35,5c
T2	29,0a	18,0a	5,2a	4,5c	1,5a	32,1a	24,5a	39,2b	0,3b	58,1a	97,4a	59,7a
T3	29,2a	17,6a	5,0b	7,0a	1,3b	16,9c	15,4c	51,5a	1,2a	33,6c	85,1b	39,7c
T4	34,0a	17,0a	4,9b	5,7b	1,3b	17,9c	12,7d	55,1a	1,6a	31,9c	87,0b	37,6c
T5	29,4a	17,2a	5,3a	4,1c	1,6a	26,4b	20,1b	40,6b	0,8b	48,0b	88,6b	54,5a
T6	28,4a	17,7a	5,4a	5,7b	1,4b	19,1c	18,5b	53,0a	0,2b	39,0c	92,0a	43,1c
T7	26,2a	18,5a	5,3a	5,2b	1,8a	24,7b	17,2c	47,0a	0,0b	44,0b	91,0a	48,5b
Espaçamento												
0,90	31,4a	19,1a	5,2	6,1a	1,7a	21,9	16,7b	56,1a	0,8	40,4	96,5a	42,0b
0,45	23,8b	15,2b	5,1	4,4b	1,1b	22,1	18,7a	41,1b	0,9	41,9	83,1b	50,4a
Teste F – Trat	0,01**	0,02*	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**
Teste F – Esp	0,01**	0,01**	0,66ns	0,01**	0,01**	0,82ns	0,01**	0,01**	0,68ns	0,32ns	0,01**	0,01**
CV (%)	19,12	10,21	5,95	29,38	19,03	18,62	14,93	13,64	15,74	14,28	6,85	12,09

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para a fonte de variação Tratamento e pelo teste Tukey para a fonte de variação Espaçamento. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que CV: coeficiente de variação; T1: Sorgo + *Urochloa*; T2: Sorgo + Crotalária; T3: Sorgo + Trigo Mourisco; T4: Sorgo + *Urochloa* + Crotalária; T5: Sorgo + *Urochloa* + Trigo Mourisco; T6: Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco; T7: Sorgo + *Urochloa* + Crotalária + Trigo Mourisco.

5. CONCLUSÃO

O consórcio de sorgo granífero + capim Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca* + trigo Mourisco foi o mais eficiente para manutenção/melhoria da fertilidade do solo. O espaçamento de 0,90 entrelinhas do sorgo foi capaz de proporcionar maior produtividade na rebrota das plantas de cobertura, e consequentemente, maior volume de matéria seca após corte para ensilagem. Portanto, o consórcio de plantas de cobertura mostra-se como uma estratégia eficaz para contribuir com a adubação de sistemas e saúde do solo.

6. REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; et al. eds. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p.59-79.
- ALVES, E. M.; PEDREIRA, M. S.; AGUIAR, L. V.; COELHO, C. P.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, A. M. P. Silagem de sorgo com e sem tanino em substituição à silagem de milho na alimentação de ovinos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, p. 157-164, 2012.
- AMELCHANKA S.L.; KREUZER M.; LEIBER F. Utility of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as feed: Effects of forage and grain on in vitro ruminal fermentation and performance of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, 155, 111–121, 2010.
- ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2004.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; V. ALVARES, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.873-928.
- ARAÚJO, N. P.; CÂMARA, N. S.; SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo**. Embrapa. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115481/1/COT-198.pdf>. Acesso em: 30/09/2024.
- BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN-NETO, L.; ANDRADE, C. A. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Embrapa Meio Ambiente. [S. l.], 2023. Disponível em: <http://cadernos.abaagroecologia.org.br/cadernos/article/view/3739>. Acesso em: 27/09/2024.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PEREIRA, A. J. B.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

CARVALHO, A. M. de.; BUSTAMANTE, M. M. C.; ALCANTARA, F. A. de.; et al. Characterization by solid state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 101, p. 100-107, 2009, a.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (org.). **Cerrado: adubação verde**. Brasília, DF: Embrapa, 2006. v. 1, p. 143-170.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. D. C.; ALCÂNTARA, F. D.; RESCK, I. S.; LEMOS, S. S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, p. 144-150, 2009, b.

CHERUBIN, M. R.; SCHIEBELBEIN, B. E. **Saúde do solo: múltiplas perspectivas e percepções**. 7 dez. 2022. ESALQ, Piracicaba/SP, a.

CHERUBIN, M. R., et al. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Esalq, [S.L.], v. 1, n. 6, p. 1-124, 7 abr. 2022. Universidade de São Paulo – USP, b. <http://dx.doi.org/10.11606/9786589722151>.

UNESP. Clima. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2024. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/>. Acesso em: 19/10/2024.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 818-829, 2015.

COSTA, N. R.; PAULINO, V. H. **Efeitos do Manejo na Rebrotas de Forrageiras**. 1991. Embrapa. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916005/1/doc85plantasforrageiras.pdf>. Acesso em: 30/09/2024.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; BORGHI, E.; MATEUS, G.P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.125, p.2-15, 2009.

DERPSCH, R.; FRANZLUEBBERS, A. J.; DUIKER, S. W.; REICOSKY, D. C.; KOELLER, K.; FRIEDRICH, T.; STURN, W. G.; SÁ, J. C. M.; WEISS, K. Why do we need to standardize no-tillage research? **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 137, p. 16-22, 2014.

EIRAS, P. P. & COELHO, F. C. **Adubação verde na cultura do milho**. Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 14 p. – (Programa Rio Rural. Manual Técnico; 28).

EPIFANIO, P.S.; COSTA, K. A. P.; GUARNIERI, A.; TEIXEIRA, D. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; SILVA, V. R. Qualidade da silagem de cultivares de *Urochloa brizantha* com níveis de Estilosantes campo grande. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.38, n.2, p.135-142, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29631>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Ensilagem de forragens. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. Disponível em: <https://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD51.html>. Acesso em: 16/10/2024.

FREITAS, L., OLIVEIRA, I. A., SILVA, L. S., FRARE, J. C. V., FILLA, V. A., GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n. 1-2, p. 8-25, 2017.

GIACOMINI, S.J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto**. 2001. (Dissertação de Mestrado) - Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 124p.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1097-1104, 2003.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI E.; DE RESENDE, A.V.; ALVARENGA, R. C. **Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do cerrado**. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2018.

GORGEN, A.V. **Produtividade e qualidade da forragem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) cultivado no cerrado**. Brasília, DF, 2013. 14p.

HARRIS, G. **Fisiologia da Produção de Plantas Forrageiras**. Embrapa. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/anaclaudiaruggieri/1.fisiologiaplantas_forrageiras.pdf. 1976. Acesso em: 30/09/2024.

HERNANI, L. C. **Sistema Plantio Direto**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/benefícios>.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.185-223.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. **Opções e vantagens da integração lavoura-pecuária a produção de forragens na entressafra**. Informe Agropecuário, 28:16-29, 2007.

KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M.; et al. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.103-109, 2009.

LE BAYON, R. C.; WEISSKOPF, L.; MARTINOIA, E.; JANSÁ, J.; FROSSARD, E.; KELLER, F.; FOLLMÍ, K. B.; GOBAT, J. M. Soil phosphorus uptake by continuously cropped *Lupinus albus*: a new microcosm design. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 283, n. 1-2, p. 309-321, 2006.

LI, H.; SHEN, J.; ZHANG, F.; MARSCHNER, P.; CAWTHRAY, G.; RENGEL, Z. Phosphorus uptake and rhizosphere properties of intercropped and monocropped maize, faba bean, and white lupin in acidic soil. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 46, n. 2, p. 79-91, 2010.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa. 2014.

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

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Adubação nitrogenada. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G., eds. Cerrado: **Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2007. p.117-144.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JR, D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JUNIOR, J.I.; Da CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M.; **Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação**. Revista Brasileira de Zootecnia., v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; OLIVEIRA, J. P. F. de. Adubação nitrogenada de sorgo grânífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1161-1169, 2011.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 4, p.385-390, 2000.

NEUMANN, M.; FIGUEIRA JUNIOR, D. N.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H.; UENO, R. K.; LEÃO, G. F. M. Ensilagem: estratégias visando maior produção de leite; 2014. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RUMINANTES LEITEIROS, UDILEITE, 1., 2014, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, p. 130-166.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.815-823, 2008.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Massa seca e composição bromatológica de quatro espécies de braquiárias semeadas na linha ou a lanço, em consórcio com milho no sistema plantio direto na palha. **Acta Scientiarum: Animal Science**, Maringá, v. 32, p.147-154, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C. Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, p. 1041-1052, 2011d.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F. A.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-

fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, p. 2029-2037, 2011a.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A.F.; BUZETTI, S.; COSTA, N.R.; CAVALLINI, M.C.; ULIAN, N.A.; LUIGGI, F.G. Yield, chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.40, n.4, p.728-738, 2011c.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, C. S. Influência de culturas de safrinhas em sucessão à cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema plantio direto sobre a resistência à penetração do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 27-31, 1999.

PASSOS, A. M. A. dos; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. dos. Sistema Plantio Direto. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de. **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília: Embrapa, 2018. p. 62-105.

PLANTIO DIRETO. **Sistema Plantio Direto**. Disponível em: <https://plantiodireto.org/content/sistema-plantio-direto>. 2013. Acesso em: 30/09/2024.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro; 2015. In: ARF, O.; LEMOS L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: FEPAF, p. 65-75

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. [S. l.], 18. ed. Nobel, 549 p. 2006.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo de enraizamento no Sistema Plantio Direto**. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/68>. 2020. Acesso em: 30/09/2024.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

ROSOLEM, C. A.; PACE, L.; CRUSCIOL, C. A. C. Nitrogen management in maize cover crops rotations. **Plant and Soil**, The Hague, v. 264, p. 261-271, 2004.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C., Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de

plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

RUGGIERI, A. C. **Fisiologia das Plantas Forrageiras**. Embrapa. 2009. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/anaclaudiaruggieri/1.fisiologiaplantas_forrageiras.pdf. Acesso em: 30/09/2024.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, p. 46-56, 2009.

SALOMÃO, B. M. **Fisiologia da Rebrotas das Gramíneas Forrageiras Tropicais**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2010. Disponível em: https://zootecnia.alegre.ufes.br/sites/zootecnia.alegre.ufes.br/files/field/anexo/bernardo_murta_salomao.pdf. Acesso em: 30/09/2024.

SANTANA NETO, J. A.; OLIVEIRA, V. S.; VALENÇA, R. L. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no semiárido: Revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 14, n. 2, p. 191-200, 2015. DOI: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5786/4600>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. p. 355.

SANTOS, Ricardo A. et al. Sistema de plantio direto: conservação e manutenção da capacidade produtiva do solo. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais*, v. 7, n. 2, p. 230-255, jan./jul. 2018. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/8198/5740>. Acesso em: 10/09/2024.

SILVA, M. B. da et al. **Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do manejo do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/jQSMQcLGsC3ds8ZMC5xBdgp/>. Acesso em: 16/10/2024.

SILVA, Valdiney José da; CAMARGO, Reginaldo de; WENDLING, Beno; PIRES, Sara Candido. **Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema de Plantio Direto no Cerrado Brasileiro**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 42, n. 6, p. 1-12, 2018.

SILVA, Valdiney José da; CAMARGO, Reginaldo de; WENDLING, Beno; PIRES, Sara Candido. **Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema de Plantio Direto no Cerrado Brasileiro.** 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/integracao%20lavoura.pdf>. Acesso em: 19/10/2024.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema de semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1011 – 1020, 2006.

TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G. & PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.35, p.867-876, 2011.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG.** 2003. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C. & FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

WANG, X.; TANG, C.; GUPPY, C. N; SALE, P. W. G. Phosphorus acquisition characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and white lupin (*Lupinus albus* L.) under P deficient conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 312, n. 1-2, p. 117-128, 2008.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p. 59-168.