



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS AVANÇADO LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

EDSON DE MOURA ALVES JÚNIOR

**ANÁLISE DE IMPACTOS FÍSICOS E QUÍMICOS EM SOLO SUBMETIDO A
DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS**

**LAGOA DA CONFUSÃO - TO
2023**

EDSON DE MOURA ALVES JÚNIOR

**ANÁLISE DE IMPACTOS FÍSICOS E QUÍMICOS EM SOLO SUBMETIDO A
DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Agrônoma da Unidade Campus Avançado Lagoa da Confusão, do Instituto Federal do Tocantins, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientadora: Me. Cibelle Christine Brito Ferreira

LAGOA DA CONFUSÃO
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

A474a Alves-júnior, Edson de Moura
ANÁLISE DE IMPACTOS FÍSICOS E QUÍMICOS EM SOLO
SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS / Edson de
Moura Alves-júnior. – Lagoa da Confusão, TO, 2023.
41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Avançado Lagoa da Confusão, Lagoa da
Confusão, TO, 2023.

Orientadora: Ma. Cibelle Christine Brito Ferreira

1. Solos de várzea. 2. Sistemas de cultivo. 3. Práticas agrícolas. I.
Ferreira, Cibelle Christine Brito. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria
Campus Avançado Lagoa da Confusão
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônoma

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DE IMPACTOS FÍSICOS E QUÍMICOS EM SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS

AUTOR: Edson de Moura Alves Júnior
ORIENTADORA: Cibelle Christine Brito Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Avançado Lagoa da Confusão, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma.

Aprovado em 12 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Cibelle Christine Brito Ferreira, Servidora**, em 12/06/2023, às 11:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Lorenconi, Servidora**, em 12/06/2023, às 11:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **BENJAMIN FREDERICO ANDERS, Usuário Externo**, em 12/06/2023, às 12:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2004846** e o código CRC **FC8099A1**.

Dedico este trabalho à minha amada família. Vocês são meu pilar e minha motivação constante. Obrigado por todo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de aproveitar esta página para expressar meus sinceros agradecimentos àqueles que desempenharam um papel relevante para minha formação acadêmica.

Ao meu irmão, Marcus Santana, agradeço por estar sempre ao meu lado, apoiando-me incondicionalmente. Suas palavras de incentivo, apoio emocional e visão crítica foram essenciais para meu crescimento e desenvolvimento acadêmico.

Agradeço também ao meu mentor profissional, Bruno Ferreira, pelas suas orientações e conselhos valiosos. Suas experiências e percepções foram de grande importância. Sou grato pela sua disposição em compartilhar seu conhecimento comigo.

Agradeço imensamente à minha orientadora, Professora Cibelle Christine, pelo seu valioso suporte e orientação ao longo de todo o processo. Sua expertise, paciência e comprometimento foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Sou grato pela sua dedicação em compartilhar seus conhecimentos e direcionamentos.

Aos meus colegas de turma e irmãos de república, agradeço pela parceria, colaboração e apoio mútuo. Foram muitas as horas de estudo compartilhadas, as discussões enriquecedoras e o apoio durante os momentos desafiadores. Sou grato por fazerem parte da minha jornada acadêmica.

RESUMO

Este estudo analisa os impactos físicos, químicos e produtivos em solos de várzea submetidos a diferentes sistemas de cultivo. São caracterizadas as propriedades físicas (densidade, umidade, absorção de água, porosidade e resistência à penetração) e químicas (N, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, pH, CTC, SB, CE) do solo. Também será avaliado a decomposição e liberação de carbono e nitrogênio da biomassa de plantas forrageiras capim massai (*Panicum maximum*), *Brachiaria ruziziensis*, sorgo (*Sorghum bicolor*) e milheto (*Pennisetum glaucum*). A produtividade da soja nos diferentes sistemas de cultivo é investigada. Os resultados auxiliarão na compreensão dos efeitos dos sistemas de cultivo no solo e na produtividade da soja, fornecendo orientação para práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Solos de várzea. Sistemas de cultivo. Práticas agrícolas.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

This study examines the physical, chemical, and productive impacts on floodplain soils under different soybean cropping systems. The physical properties (density, moisture, water absorption, porosity and penetration resistance) and chemical properties (N, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, pH, CEC, SB, EC and organic matter content) of the soil are characterized. The decomposition rate and carbon and nitrogen release from forage biomass (capim massai, *Brachiaria ruziziensis*, sorgo e milheto) are also evaluated. The productivity of soybean in the different cropping systems is investigated. The results will contribute to understanding the effects of cropping systems on soil and soybean productivity, providing insights for sustainable agricultural practices.

Keywords: Floodplain soils. Cropping systems. Agricultural practices.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Croqui da área

28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Cronograma de execução do projeto	33
Tabela 2	– Orçamento do projeto	35

LISTA DE SIGLAS

SPD	Sistema de Plantio Direto
IFTO	Instituto Federal do Tocantins
Ds	Densidade do Solo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROBLEMA DE PESQUISA	15
3 JUSTIFICATIVA	17
4 OBJETIVO	18
4.1 Objetivo geral	18
4.2 Objetivo específico	18
5 REVISÃO DE LITERATURA	18
5.1 Soja	18
5.2 Capim massai	19
5.3 <i>Bachiaria ruzizensis</i>	20
5.4 Sorgo	21
5.5 Milheto	22
5.6 Sistema de plantio direto	23
5.7 Sistema convencional de cultivo	25
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
6.1 Análises da soja	28
6.2 Determinação da taxa de decomposição das forrageiras	28
6.3 Determinações físicas das amostras de solo	29
6.3.1 Densidade do Solo (Ds)	29
6.3.2 Resistência do solo à penetração	30
6.4 Determinações de fertilidade das amostras de solo	30
6.5 Análises estatísticas	30
7 RESULTADOS ESPERADOS	31
8 CRONOGRAMA	33
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro, sendo cultivada em uma área de cerca de 36 milhões de hectares em todo o país (EMBRAPA, 2021). No estado do Tocantins, a produção de soja tem crescido significativamente nos últimos anos, especialmente nas regiões de várzeas, que apresenta grande importância na produção de grãos no Brasil (BRASIL, 2021). Lagoa da Confusão é um município do estado do Tocantins que apresenta grande potencial agrícola, com uma área plantada de aproximadamente 120 mil hectares, dos quais cerca de 60% são destinados ao cultivo de soja (IBGE, 2021).

Os sistemas de cultivo da soja podem variar bastante, sendo os sistemas de plantio direto e convencional os mais comuns (HANKE *et al.*, 2022). O plantio direto é caracterizado pela manutenção da palhada na superfície do solo, enquanto que no plantio convencional a palhada é removida (KAPCZINSKI *et al.*, 2019). Outro fator que pode influenciar o desempenho da cultura da soja é a utilização de palhada de outras culturas, como capim massai e *Brachiaria ruziziensis*, que podem melhorar a qualidade do solo e reduzir a erosão (GUIMARÃES *et al.*, 2018).

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar o desempenho da cultura da soja em diferentes sistemas de cultivo (VARGAS, 2023). No entanto, o autor também cita que ainda há lacunas no conhecimento sobre as melhores práticas para o cultivo da soja e sua rotação com outras culturas, como sorgo e milho, na safra e safrinha. É importante entender como esses fatores afetam a produtividade da cultura da soja e como podem ser utilizados para aumentar a sustentabilidade da produção agrícola (MACHADO *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho da cultura da soja conduzida em solos de várzeas de Lagoa da Confusão, no estado do Tocantins, em sistema de cultivo convencional e plantio direto (SPD), utilizando as culturas capim massai, *Brachiaria ruziziensis*, sorgo e milho para a cobertura de solo no SPD.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A demanda crescente por alimento em todo o mundo nos últimos anos, e as dificuldades de aberturas de novas áreas, contribuíram para que fossem utilizadas áreas marginais para o cultivo agrícola (VIEIRA-JUNIOR, 2019). Com os impactos

ambientais causados pela agricultura intensiva, esse segmento produtivo tem buscado alternativas para intensificar a produção e reduzir os custos sem impactar negativamente no meio ambiente, bem como promover desenvolvimento socioeconômico na região de instalação da produção.

Como afirma Mendonça (2005), “os problemas ambientais estão entre os inúmeros problemas que a humanidade criou, como consequência de sua busca incessante de evoluir e se desenvolver”, ou seja, desde muito tempo existe a interferência humana no meio natural, com ela as consequências que permanecem na contemporaneidade. Exemplos dessas consequências são o aquecimento global, a poluição, a infertilidade dos solos e a falta de água. Como o ser humano tem sentido essas consequências, intensifica-se a busca por atitudes alternativas, a fim de amenizar esses problemas.

Área degradada é a área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado (SARTORI, 2014). Pensando no processo de recuperação dessas áreas, a princípio deve-se caracterizar o solo para depois decidir qual será o método adotado (DARIO, 2022).

O solo é um dos elementos que mais sofrem com esse impacto do manejo incorreto na produção agrícola. No meio agrônomo, o foco em sustentabilidade gerou novas alternativas no sistema de produção, com técnicas de manejo de solo, como o sistema plantio direto (SPD).

Nas regiões tropicais e subtropicais, a diminuição do potencial produtivo dos solos tem sido atribuída à erosão e à não-reposição da matéria orgânica (FILHO *et al.*, 2016). O inverno quente e seco e o verão quente e chuvoso limitam o cultivo de culturas anuais e aceleram a decomposição da cobertura vegetal do solo (CAMPOS, 2014).

Conforme informações da EMBRAPA (2016) nas condições brasileiras (agricultura tropical e subtropical) o emprego de fontes de alta solubilidade em geral resulta em baixa eficiência de uso, ainda que um conjunto de práticas agrícolas estejam sendo adotadas de forma integrada em larga escala (sistema plantio direto, plantas de cobertura, fertilizantes de liberação lenta, plantas eficientes no uso dos nutrientes, agricultura de precisão – uso racional de fontes solúveis, irrigação, entre outras).

3 JUSTIFICATIVA

Para sanar os entraves da agricultura, têm-se como alternativas viáveis a adubação verde e a adoção do cultivo em consórcio com forrageiras, objetivando a obtenção de maior produção de matéria seca, promovendo cobertura do solo por mais tempo.

A prática da adubação verde é uma boa alternativa, principalmente para os pequenos agricultores, por proporcionar a redução da utilização de composto orgânico (PEREIRA *et al.*, 2011), e consequentemente diminuir os custos de produção. Esta técnica é considerada uma prática promissora quando se trata da manutenção da fertilidade do solo, visto que, o protege contra a erosão e ao final do cultivo fornece nutrientes para a cultura em sucessão (TIECHER, 2016).

O cultivo consorciado por sua vez, exerce importante controle de plantas espontâneas por modificar a dinâmica do banco de sementes e proporcionar diferentes modelos de competição, distúrbios do solo e ação alelopática (BUHLER *et al.*, 1997; MONQUERO *et al.*, 2009), de maneira que a prática de consorciação cultura de interesse e cultura forrageira possui inúmeros benefícios ao manejo e produção agrícola.

Os efeitos benéficos das plantas de cobertura foram observados por vários autores, nas propriedades químicas e físicas do solo e na produtividade dos cultivos em sucessão (WOLSCHICK *et al.*, 2018), os resultados obtidos nesses estudos apontam que a consorciação deve obedecer a critérios técnicos, evitando que os adubos verdes venham a competir com as culturas principais e o seu manejo proporciona melhoria no desempenho dessas (ROSA, 2014).

A consorciação entre essas duas espécies (leguminosas e forrageiras) pode ser uma alternativa interessante para o sistema plantio direto, pois tem a possibilidade de fornecer fitomassa para cobertura do solo, de incrementar o conteúdo de nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio (CRUZ *et al.*, 2019).

Para constatar a eficiência do plantio direto utilizando essas culturas em consórcio é essencial que se conheça a dinâmica de decomposição e de liberação de nutrientes da palhada, como forma de argumento técnico para as recomendações de manejo desses sistemas, sobretudo em regiões com baixa produção ou persistência de palhada.

4 OBJETIVO

4.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto dos diferentes sistemas de cultivo na estrutura física e química do solo.

4.2 Objetivo específico

- Caracterizar as principais propriedades físicas (densidade, umidade, absorção de água, porosidade e resistência à penetração) da área experimental de solo de várzea, onde serão conduzidos o cultivo de soja em sistema convencional e plantio direto.
- Caracterizar as principais propriedades químicas (N, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al e os valores pH, CTC, SB, CE e teor de matéria orgânica) das amostras de solos de várzea submetidas ao cultivo de soja em sistema convencional e plantio direto com diferentes coberturas de solo.
- Avaliar a taxa de decomposição e a velocidade de liberação de carbono e nitrogênio da biomassa de plantas forrageiras (capim massai, *Brachiaria ruziziensis*, sorgo e milheto);
- Avaliar a produtividade da soja nos diferentes sistemas de cultivo.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Soja

A soja é uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, sendo o país o maior produtor mundial. A produção de soja no Brasil vem crescendo significativamente nas últimas décadas, principalmente devido à alta demanda no mercado internacional e às condições climáticas favoráveis (DA SILVA *et al.*, 2011). De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do IBGE, a safra brasileira de soja de 2022/23 foi estimada em 148,1 milhões de toneladas (IBGE, 2023).

O estado do Tocantins tem se destacado na produção de grãos nos últimos anos, principalmente na cultura da soja (DA SILVA, 2016). Segundo dados do IBGE, a safra de soja no Tocantins em 2022/23 foi de 3,9 milhões de toneladas. A região de Lagoa da Confusão, localizada na região sudoeste do estado, é uma das

principais áreas produtoras de soja do Tocantins, devido a disponibilidade de terras férteis e a infraestrutura adequada para o cultivo (IBGE, 2023).

Lagoa da Confusão é um município do estado do Tocantins que se destaca na produção agrícola, principalmente na cultura da soja (BISPO, 2016). Segundo a Secretaria Municipal de Agricultura e Pecuária, a área agricultável do município é de aproximadamente 120 mil hectares, dos quais cerca de 80 mil hectares são destinados à produção de grãos. A soja é a principal cultura cultivada em Lagoa da Confusão, com uma safra estimada em 370 mil toneladas na temporada 2020/2021. Além disso, a cidade conta com um polo agroindustrial desenvolvido, com empresas voltadas para o beneficiamento e exportação de soja e outros grãos (Secretaria Municipal Agricultura e Pecuária e Abastecimento, 2020).

5.2 Capim massai

O capim massai (*Panicum maximum*) é um espécie de origem africana, amplamente utilizada no Brasil como forrageira e também como cobertura vegetal em sistemas agrícolas (VALENTIM *et al.*, 2001). Essa espécie apresenta alta adaptabilidade a diferentes condições climáticas e tipos de solo, o que a torna uma opção atrativa para diversas regiões do país (LARA *et al.*, 2015).

Além da sua utilização como forrageira, o capim massai também tem sido explorado como planta de cobertura em sistemas agrícolas, sua capacidade de formar um denso e vigoroso sistema radicular contribui para melhorar a estrutura do solo, reduzir a erosão e promover a ciclagem de nutrientes (CRUZ *et al.*, 2019).

O capim massai apresenta um bom perfilhamento, o que contribui para a formação de uma pastagem densa e homogênea e isso facilita o manejo do pastejo, evitando a formação de áreas subutilizadas e garantindo uma distribuição mais uniforme dos animais na área (LARA *et al.*, 2015).

Em termos de manejo, o capim massai responde bem à adubação e ao manejo adequado da pastagem (MARTUSCELLO *et al.*, 2006). A aplicação de fertilizantes e a rotação de pastagens contribuem para melhorar a produtividade e a persistência dessa espécie (SILVA *et al.*, 2018).

No estado do Tocantins, o capim massai tem sido amplamente utilizado na pecuária, principalmente em áreas de criação de bovinos, sua adaptação às condições climáticas e ao solo da região tem contribuído para o desenvolvimento da pecuária nesse estado (LIMA *et al.*, 2017).

A utilização do capim massai em sistemas agrícolas no Tocantins ainda é pouco explorada (SILVA *et al.*, 2016). No entanto, estudos têm mostrado que essa espécie pode ser uma alternativa interessante como planta de cobertura em sistemas de plantio direto, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo e o controle de plantas invasoras (CRUZ *et al.*, 2019).

De acordo com Santos *et al.* (2018), é crucial enfatizar que, mesmo diante das vantagens oferecidas pelo Capim Massai, o manejo apropriado desse capim é fundamental para assegurar sua ótima performance. A utilização de boas práticas de manejo, como a correção do solo, a adubação balanceada e o controle de plantas daninhas, são fundamentais para maximizar a produção e a persistência dessa gramínea (MORAES *et al.*, 2017).

Para melhorar o conhecimento sobre o Capim Massai e explorar seu potencial em diferentes sistemas agrícolas, são necessárias mais pesquisas científicas e estudos de campo. Essas pesquisas podem contribuir para o aprimoramento das técnicas de manejo e para a ampliação das opções de uso dessa espécie nas atividades agropecuárias.

5.3 *Brachiaria ruziziensis*

A *Brachiaria ruziziensis* é uma gramínea forrageira originária da África, amplamente utilizada em sistemas de produção animal no Brasil (CALDAS, 2018). Conforme relatado por Souza *et al.* (2021), o *Brachiaria ruziziensis* demonstra uma notável capacidade de adaptação a uma variedade de solos e condições climáticas, especialmente em regiões quentes e úmidas do país, onde é cultivado tanto para pastejo como para fenação.

Estudos como o de Rossi *et al.* (2018) indicam que a *Brachiaria ruziziensis* apresenta alta produtividade de matéria seca, boa qualidade forrageira e grande capacidade de rebrota após o pastejo. Adicionalmente, esta forrageira é capaz de fixar nitrogênio atmosférico, o que reduz os custos de adubação nitrogenada no sistema de produção animal, conforme destacado por Souza *et al.* (2017).

No Tocantins, a *Brachiaria ruziziensis* é amplamente utilizada em sistemas de produção de bovinos, tanto em pastejo como em fenação, conforme apontado por Silva *et al.* (2017).

5.4 Sorgo

Segundo Oliveira *et al.* (2022), o sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma cultura amplamente cultivada no Brasil, tanto para alimentação humana como para uso na produção animal. A planta demonstra uma notável adaptabilidade a diversas condições de solo e clima. Além disso, o Brasil se destaca como um dos principais produtores mundiais de sorgo, com uma produção anual significativa. De acordo com Fancelli e Dourado-Neto (2019), o sorgo é considerado uma cultura estratégica devido à sua capacidade de se adaptar a regiões com restrição hídrica e altas temperaturas.

De acordo com Pereira *et al.* (2023), o sorgo possui diversas aplicações, sendo utilizado como grão para consumo humano, forragem para alimentação animal, matéria-prima para a produção de etanol e como planta de cobertura em sistemas agrícolas. O grão de sorgo é rico em nutrientes, como carboidratos, proteínas e vitaminas, e possui baixo teor de gordura. Além disso, o sorgo apresenta uma boa tolerância à seca, o que o torna uma cultura promissora em regiões com restrição hídrica. Estudos como o de Barreto *et al.* (2017) ressaltam a importância do sorgo como uma alternativa para a produção de biomassa e energia no Brasil.

De acordo com Silva *et al.* (2022), no Brasil, o sorgo é cultivado em diferentes regiões, apresentando adaptação a diferentes tipos de solo e clima. No entanto, sua produção é mais expressiva nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a produção de sorgo no país tem apresentado um aumento significativo nos últimos anos, impulsionada pela demanda crescente por alimentos, ração animal e bioenergia. O sorgo tem se mostrado uma cultura viável para a diversificação das lavouras, contribuindo para a rotação de culturas e melhorando a sustentabilidade dos sistemas produtivos (CRUZ, 2021).

De acordo com Giacomini *et al.* (2013), o cultivo do sorgo tem ganhado importância nas últimas décadas no estado do Tocantins, sendo uma cultura viável para a diversificação das lavouras em áreas de solo mais arenoso e com menor disponibilidade de água. O sorgo contribui para a rotação de culturas e melhoria da sustentabilidade dos sistemas produtivos, além de ser utilizado como forrageira, especialmente em períodos de estiagem. Estudos como o de Barbosa *et al.* (2020)

mostram que o sorgo apresenta um bom valor nutricional para ruminantes, podendo ser utilizado na dieta de bovinos, ovinos e caprinos.

5.5 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma cultura de cereais amplamente cultivada no Brasil, essa planta apresenta diversas características agronômicas favoráveis, como resistência à seca, tolerância a solos de baixa fertilidade e boa capacidade de produção de biomassa (FUKUDA *et al.*, 2016). O Brasil destaca-se como um dos principais produtores de milheto, com sua utilização voltada para diferentes finalidades, como alimentação animal, produção de grãos e cobertura vegetal em sistemas agrícolas (TRDEZINI, 2016).

Estudos realizados por Rezende *et al.* (2018) apontam que o milheto é uma excelente opção para a produção de forragem, sendo especialmente indicado para regiões com baixa disponibilidade de água e períodos de seca prolongada. Além disso, os mesmos autores esclarecem que, essa cultura apresenta alta taxa de crescimento e produtividade, fornecendo uma alternativa viável para a alimentação de bovinos, ovinos e caprinos.

No Brasil, o milheto é cultivado em diferentes regiões, com destaque para os estados do Centro-Oeste e Nordeste, onde as condições climáticas são propícias para o seu desenvolvimento (TEIXEIRA *et al.*, 2004). Estudos como o de Castro *et al.* (2019) indicam que o milheto apresenta uma excelente adaptação às condições do cerrado brasileiro, sendo capaz de produzir altas quantidades de massa verde mesmo em condições de estresse hídrico.

No estado do Tocantins, o cultivo do milheto tem ganhado destaque nos últimos anos. Sua utilização é voltada principalmente para a produção de forragem, sendo uma opção interessante para a alimentação animal, especialmente em períodos de escassez de pastagem (NEGREIROS-NETO *et al.*, 2010). O milheto é capaz de produzir uma grande quantidade de massa verde, apresentando alto teor de nutrientes e boa palatabilidade para os animais, conforme destacado por Oliveira *et al.* (2019).

Além disso, o milheto também tem sido utilizado como cultura de cobertura em sistemas agrícolas no Tocantins, sua capacidade de produzir uma cobertura vegetal densa e de rápido crescimento contribui para a melhoria da estrutura do solo, redução da erosão, supressão de plantas invasoras e ciclagem de nutrientes

(COSTA *et al.*, 2017). Estudos como o de Andrade *et al.* (2020) indicam que o milho pode ser uma alternativa viável para o manejo sustentável dos solos no estado.

O cultivo do milho no Tocantins é de grande importância para a agricultura local. Além de fornecer alimento de qualidade para os animais, essa cultura contribui para a diversificação das atividades agrícolas, a geração de renda para os agricultores e a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

5.6 Sistema de plantio direto

O sistema de plantio direto (SPD) é uma prática agrícola que visa reduzir a perturbação do solo, eliminando a necessidade de aração e gradagem antes do plantio (CARVALHO *et al.*, 2004). Esse sistema promove a cobertura contínua do solo com resíduos vegetais, melhorando a sua estrutura, reduzindo a erosão e promovendo a conservação dos recursos naturais (LAL, 2015).

Estudos realizados por Derpsch *et al.* (2017) demonstraram que o SPD traz benefícios significativos para a agricultura, como a melhoria da qualidade do solo, o aumento da matéria orgânica, a economia de água e energia, a redução do uso de agroquímicos e a conservação da biodiversidade.

No Brasil, o sistema de plantio direto tem sido amplamente adotado, especialmente nas regiões de cerrado, onde apresenta resultados positivos em termos de produtividade e sustentabilidade (ALVARENGA *et al.*, 2001). Segundo Calegari *et al.* (2019), o SPD contribui para a manutenção da fertilidade do solo e reduz os impactos ambientais da agricultura.

Um dos principais benefícios do SPD é a redução da erosão do solo, onde a cobertura vegetal proporcionada pelos resíduos culturais diminui o impacto das gotas de chuva, evitando a desagregação do solo e o arraste de sedimentos (SILVA *et al.*, 2016).

Estudos como o de Pimentel *et al.* (2018) mostram que o SPD favorece o aumento da biomassa microbiana, estimula a atividade de organismos benéficos, como minhocas e macrofauna, e contribui para a ciclagem de nutrientes. O que comprova que o sistema de plantio direto também influencia a atividade biológica do solo.

Além disso, o SPD melhora a capacidade do solo em reter água, isso porque, a cobertura permanente do solo reduz a evaporação, aumentando a infiltração e a disponibilidade hídrica para as plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Estudos como o de Almeida *et al.* (2017) mostram que a adoção do SPD promove o aumento dos teores de carbono orgânico e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, contribuindo para a fertilidade do solo. O que remete a influência do sistema de plantio direto na dinâmica de nutrientes no solo.

Um dos desafios do SPD está relacionado ao manejo de plantas daninhas (PITELLI; DURIGAN, 2001). Entretanto, a cobertura vegetal proporcionada pelo sistema pode reduzir a germinação e o crescimento de plantas invasoras, diminuindo a necessidade de herbicidas (FLECK *et al.*, 2018).

A cobertura do solo com resíduos vegetais promove a formação de um ambiente anaeróbico, favorecendo a atividade de microrganismos que realizam a respiração anaeróbica, reduzindo a emissão de gases como o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido nitroso (N₂O) (SÁ *et al.*, 2019). Dessa forma, o SPD também pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Além dos benefícios agrônômicos e ambientais, o SPD também pode trazer vantagens econômicas para os agricultores. Estudos como o de Fancelli e Dourado Neto (2018) demonstram que a adoção do sistema pode reduzir os custos de produção, principalmente com maquinário e mão de obra, aumentando a rentabilidade da atividade agrícola.

No entanto, é importante ressaltar que a adoção do sistema de plantio direto requer planejamento e manejo adequados. Estudos como o de Mielniczuk *et al.* (2016) destacam a importância da rotação de culturas, do manejo integrado de pragas e doenças e da correta escolha de culturas de cobertura para maximizar os benefícios do SPD.

A extensão e o sucesso do sistema de plantio direto no Brasil têm despertado interesse em outros países. Diversos estudos têm sido realizados em diferentes regiões do mundo para avaliar a viabilidade e os benefícios do SPD em diferentes contextos agroecológicos (GOVAERTS *et al.*, 2017).

No Brasil, o SPD é amplamente recomendado pelos órgãos de pesquisa e extensão rural como uma prática essencial para a sustentabilidade da agricultura (HOFF *et al.*, 2010). Programas governamentais incentivam a adoção do sistema,

por meio de créditos e assistência técnica, visando melhorar a eficiência produtiva e a conservação dos recursos naturais (MAPA, 2018).

Apesar dos inúmeros benefícios do SPD, a sua adoção ainda enfrenta desafios, como a resistência de alguns agricultores em mudar práticas tradicionais e a falta de conhecimento técnico sobre o manejo adequado do sistema. De acordo com estudo de Sousa *et al.* (2021), a conscientização dos agricultores sobre os benefícios a longo prazo do sistema de plantio direto e o fornecimento de assistência técnica adequada são fundamentais para promover a disseminação e a adoção efetiva do SPD.

Em suma, o sistema de plantio direto é uma prática agrícola sustentável que traz benefícios significativos para a conservação do solo, a produtividade agrícola e a sustentabilidade ambiental. Sua adoção efetiva requer planejamento, manejo adequado, conscientização dos agricultores e assistência técnica especializada, conforme ressaltado por Mello *et al.* (2020).

5.7 Sistema convencional de cultivo

O sistema convencional é um sistema agrícola amplamente utilizado em todo o mundo, caracterizado pelo cultivo extensivo de uma única espécie vegetal em uma determinada área (COSTA, 2006). Esse sistema tem sido adotado em larga escala devido à sua capacidade de maximizar a produção de um determinado produto agrícola, como a soja, o milho ou o trigo (GLIESSMAN, 2015).

O cultivo de monoculturas tem suas raízes históricas na Revolução Verde, que ocorreu a partir da década de 1960 e promoveu o aumento da produção agrícola por meio do uso intensivo de fertilizantes químicos, pesticidas e variedades de plantas melhoradas geneticamente (ALTIERI, 2018).

No Brasil, o plantio convencional é amplamente praticado, especialmente nas regiões produtoras de grãos, como o Cerrado e o Sul do país (ALVIM, 2004). O cultivo extensivo de soja e milho em grandes áreas tem sido uma prática predominante, visando atender à demanda crescente por alimentos e commodities agrícolas (CARVALHO *et al.*, 2019).

Apesar dos benefícios iniciais em termos de produtividade, o monocultivo apresenta uma série de desafios e impactos negativos. Um dos principais problemas é a redução da diversidade biológica, tanto na flora como na fauna, devido à

eliminação de habitats naturais e à ausência de diferentes espécies de plantas (TSCHARNTKE *et al.*, 2012).

O monocultivo também pode levar ao aumento da suscetibilidade a pragas e doenças específicas da cultura cultivada, resultando na necessidade de uso excessivo de agroquímicos para o controle desses problemas (PERFECTO *et al.*, 2009). Além disso, a prática do monocultivo pode levar à degradação do solo, uma vez que a cultura cultivada retira os nutrientes de forma desequilibrada, reduzindo a fertilidade do solo ao longo do tempo (KLADIVKO, 2001).

No contexto do estado do Tocantins, o monocultivo também é uma prática comum, especialmente em regiões de produção de grãos (CERQUEIRA, 2018). A soja, por exemplo, é cultivada em grandes áreas, seguindo um modelo de monocultivo que apresenta desafios relacionados à degradação do solo, perda de biodiversidade e riscos de erosão (COSTA *et al.*, 2016).

Para mitigar os problemas associados ao monocultivo, têm surgido abordagens alternativas, como o cultivo consorciado, a rotação de culturas e a agroecologia. Essas práticas buscam reintroduzir a diversidade nas áreas agrícolas, promover interações positivas entre as plantas e melhorar a sustentabilidade do sistema de produção (ALTIERI, 2018).

Estudos mostram que a diversificação de culturas e a integração de diferentes espécies vegetais podem contribuir para a redução da incidência de pragas e doenças, o aumento da fertilidade do solo e a promoção da conservação dos recursos naturais (BOMMARCO *et al.*, 2013).

A transição do monocultivo para sistemas mais diversificados e sustentáveis requer mudanças nas práticas agrícolas, além de políticas e incentivos adequados. É essencial promover a educação dos agricultores, o acesso a informações técnicas e o suporte governamental para facilitar essa transição (GLIESSMAN, 2015).

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O experimento será conduzido na Fazenda Fortaleza, localizada no município de Lagoa da Confusão-TO, latitude 10° 51 '19.6 " Sul, longitude 49° 39' 42.6" Oeste e altitude de 188 m. O clima predominante nesta região é do tipo Aw, caracterizado por clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão, e temperatura média anual de 26,1°C (KÖPPEN, 1948). As práticas dessa pesquisa iniciarão no mês de fevereiro de 2023 e o experimento será conduzido até abril de

2024, período de avaliação final, análises e discussões dos resultados obtidos.

Inicialmente serão coletadas amostras da área de implantação do projeto para análises de propriedades físicas (densidade aparente do solo; e resistência a penetração) e químicas (fertilidade) do solo, para fins de caracterização do solo e cálculos de adubação conforme exigências das culturas a serem implantadas. Para o plantio da soja será feita calagem, adubação fosfatada e potássica de acordo com os resultados de análise do solo e as recomendações de adubação para estas plantas.

Posterior a caracterização físico-química do solo, o solo será preparado (gradeado e adubado) para o plantio das plantas forrageiras, que será feito a lanço. Após o fechamento do ciclo das culturas forrageiras, será realizado o corte e dessecação da palhada para a introdução da soja no sistema de plantio direto. A soja a ser conduzida em sistema convencional será semeada na área sem cobertura, na mesma data do plantio da soja em SPD.

O delineamento experimental a ser adotado será em blocos casualizados, com cinco tratamentos e seis repetições, formados por parcelas de 12 m² (4x3 m), totalizando 30 parcelas. As parcelas experimentais serão constituídas de 7 linhas com 4 m de comprimento com espaçamento de 0,5 m, onde serão cultivadas as forrageiras capim massai, *Brachiaria ruziziensis*, milho e sorgo para formação de palhada do SPD e a soja, formando os tratamentos representados na Figura 1.

Figura 1 — Croqui da área

SOJA + MA	SOJA + S	SOJA + R	SOJA + MI	SOJA
SOJA + MI	SOJA + R	SOJA + MA	SOJA	SOJA + S
SOJA	SOJA + MA	SOJA + S	SOJA + R	SOJA + MI
SOJA + R	SOJA + MI	SOJA	SOJA + S	SOJA + MA
SOJA + S	SOJA	SOJA + MI	SOJA + MA	SOJA + R
SOJA + MA	SOJA + S	SOJA + R	SOJA + MI	SOJA

Fonte: Elaboração própria. Legenda: Espaçamento: 1m; Área: 24m x 23m = 552m²; Soja = Soja Solteira; Soja+MI = Soja + Milheto; Soja+R = Soja + *B. ruzizienses*; Soja+S = Soja + Sorgo; Soja+MA = Soja + Massai.

6.1 Análises da soja

Os procedimentos de avaliação serão iniciados após fim do ciclo produtivo da soja para que seja possível quantificar a produção da biomassa (massa fresca - massa seca), crescimento de raiz e parte aérea (em cm, aferidos com régua graduada), e produtividade (número de vagens e peso de grãos).

6.2 Determinação da taxa de decomposição das forrageiras

A avaliação da decomposição dos resíduos vegetais será iniciada após o corte da parte aérea das plantas. Logo após o corte será pesado 50 g de material, em seguida, as amostras serão acondicionadas em sacolas de tela plástica com abertura de malha de 4 mm, permitindo a passagem de microrganismos e alguns invertebrados. As sacolas serão dispostas na superfície do solo, preparadas para a

realização de coletas aos 3, 6, 10, 15, 30, e 60 dias após o início do ensaio. Em cada data de coleta o conteúdo remanescente das sacolas será levado ao laboratório, para procedimento da limpeza e separação do material (haste e folhas), das partículas de solo, com auxílio de um pincel. Após esta etapa, haste e folha serão acondicionadas em sacos de papel, separadamente, e levados à estufa de ventilação forçada de ar, à 65° C, até o material alcançar massa constante, para determinação de massa seca.

Os dados de decomposição dos resíduos serão ajustados de acordo com modelo exponencial simples ($X = X_0 e^{-kt}$), como utilizado por REZENDE *et al.* (1999); onde X é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo, em dias; X_0 é a quantidade de matéria seca ou nutriente inicial; e K é uma constante de decomposição.

Reorganizando os termos da equação, é possível calcular a constante de decomposição ou valor K; descrito como $K = -\ln(X/X_0)/t$. Será também estimada a partir do modelo, o tempo de meia vida, que expressa o período de tempo necessário para que a metade dos resíduos se decomponha ou para que a metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada. De acordo com REZENDE *et al.* (1999), é possível calcular os tempos de meia vida através da equação: $t_{1/2} = \ln 0,5/K$, onde $T_{1/2}$ é o tempo de meia vida de matéria seca ou nutriente.

6.3 Determinações físicas das amostras de solo

Serão coletadas amostras indeformadas de solos utilizando anéis volumétricos e amostrador apropriado, esse material será conduzido para o Laboratório de Solos do IFTO Campus Avançado Lagoa da Confusão, onde realizar-se-á as análises para determinações físicas das amostras de solo.

6.3.1 Densidade do Solo (D_s)

As amostras de solo para a determinação da Densidade do Solo (D_s) serão retiradas uma amostra em cada parcela, nas profundidades de 0-10, 10-20 cm e 20-30 cm. O método utilizado será o do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo (D_s) será determinada pela fórmula: $D_s = \text{massa de solo seco} / \text{volume de solo (g cm}^{-3}\text{)}$.

6.3.2 Resistência do solo à penetração

Para a determinação da resistência do solo à penetração, será utilizado um penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR com as seguintes características: peso que provoca o impacto: 4kg; curso de queda livre: 400 mm; cone ângulo sólido 30°; área da base 1,28 cm² e o diâmetro da haste que penetra no solo: 9,5 mm (tanto a espessura da haste como as dimensões do cone. Serão determinados valores em quatro pontos por parcela, e analisados para as três profundidades preestabelecidas (0-0,1, 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m), com os valores transformados em MPa, conforme a recomendação da ASAE S313, mencionado por Balastreire (1987).

6.4 Determinações de fertilidade das amostras de solo

As amostras serão secas ao ar, destorroadas e passadas na peneira de 2 mm, obtendo assim a terra fina seca ao ar (TFSA), apta para realização das análises químicas, para definição da curva de absorção e disponibilização de nutrientes dos diferentes sistemas de cultivo, dando ênfase aos teores de N, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al e os valores pH, CTC, SB e CE no solo.

O P, K, Ca e Mg serão extraídos por Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ e 0,05 mol L⁻¹ de HCl), sendo as leituras destes elementos realizadas nos equipamentos Fotômetro de chama, Espectrômetro e no Espectrômetro de Absorção Atômica. O Al+H será extraído por solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ em pH 7 e titulados com NaOH 0,025 mol L⁻¹ com adição de fenolftaleína 3%; o Alumínio será obtido na extração do KCl 1 mol L⁻¹, com indicador azul de bromotimol, titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹ em pH 5,5; o pH será determinado em água destilada, com leitura realizada com o uso do medidor de pH MpA210; a condutividade elétrica também será determinada em água destilada, sendo aferida com o condutivímetro.

6.5 Análises estatísticas

Os dados serão submetidos a testes de normalidade e homogeneidade da variância dos erros. Atendidas as pressuposições, realizar-se-á a análise de variância, adotando-se o teste F. As variáveis cujo “teste F” foram significativos ($p \leq 0,05$), serão submetidas à análise de comparação múltipla, adotando-se o teste de Scott-Knot nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico R -

do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.

7 RESULTADOS ESPERADOS

O presente estudo tem como objetivo caracterizar as principais propriedades físicas e químicas do solo de várzea, onde serão conduzidos os cultivos de soja em sistema convencional e plantio direto, bem como avaliar a taxa de decomposição e a velocidade de liberação de carbono e nitrogênio da biomassa de plantas forrageiras, além de avaliar a produtividade da soja nos diferentes sistemas de cultivo.

Resultados anteriores de estudos semelhantes, como o de Araújo (2019), têm demonstrado a importância de caracterizar as propriedades físicas do solo, como densidade, umidade, absorção de água, porosidade e resistência à penetração, para entender a qualidade do solo e seu impacto nos cultivos. De acordo com Benício *et al.* (2021), a adoção do sistema de plantio direto resultou em maior porosidade e menor densidade do solo em comparação com o sistema convencional.

No que diz respeito às propriedades químicas do solo, estudos como o de Ferreira (2022) destacam a importância de avaliar os teores de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de parâmetros como pH, capacidade de troca catiônica (CTC), soma de bases (SB) e condutividade elétrica (CE). Esses estudos têm mostrado que o sistema de plantio direto, com a incorporação de resíduos vegetais e a presença de cobertura do solo, pode melhorar a disponibilidade de nutrientes e a fertilidade do solo.

Quanto à taxa de decomposição e velocidade de liberação de carbono e nitrogênio da biomassa de plantas forrageiras, estudos como o de Ebertz (2021) evidenciam que diferentes espécies de plantas forrageiras apresentam taxas de decomposição distintas, influenciando a ciclagem de nutrientes e a qualidade do solo.

No contexto da produtividade da soja, pesquisas como a de Negri (2023) têm demonstrado que o sistema de plantio direto pode resultar em maior produtividade da cultura, devido à melhoria da estrutura do solo, maior retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes.

Portanto, espera-se que este estudo contribua para o conhecimento das propriedades físicas e químicas do solo, bem como para a compreensão dos efeitos da biomassa de plantas forrageiras e dos sistemas de cultivo na produtividade da soja. Os resultados obtidos serão relevantes para embasar práticas agrícolas

sustentáveis e aprimorar a eficiência dos sistemas produtivos, contribuindo para a sustentabilidade e o desenvolvimento da agricultura na região.

9 ORÇAMENTO

A Tabela 2 apresenta um orçamento detalhado do material que será utilizado na execução do projeto. A precificação contém valores atuais de mercado para o ano de 2023.

Ao elaborar esse orçamento, levamos em consideração a possibilidade de contar com o apoio do produtor rural e do IFTO (Instituto Federal do Tocantins) para o fornecimento de algum dos materiais.

Tabela 2 — Orçamento do projeto

Materiais de Consumo e Serviços	Natureza	Qtde.	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Sementes de <i>B. ruzizienses</i>	Kg	2	10,50	21,00
Sementes de Massai	Kg	2	20,00	40,00
Sementes de Sorgo	Kg	2	35,00	70,00
Sementes de Milheto	Kg	2	Fornecidas por produtor rural	
Sementes de Soja	Kg	10	Fornecidas por produtor rural	
Adubo Cloreto de potássio	Kg	15	6,50	97,50
Adubo Super fosfato simples	Kg	42	3,00	126,90
Micro Nutrientes (FTE)	Kg	5,5	4,50	24,75
Inoculante	Pct	1	130,00	130,00
Estacas	Um	120	1,50	180,00
Barbante	Rolo	1	13,00	13,00
Análise química do solo	-	-	70,00	70,00
Fosfato natural	Kg	5	Fornecido pela empresa sem custos	
Inseticida	L	1	61,75	61,75
Dessecante	L	2	30,00	60,00
TOTAL				R\$ 894,90

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. G. *et al.* **Adubação com dejetos líquidos de suíno no sistema plantio direto: efeito sobre atributos químicos do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 8, p. 571-576, 2017.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a ciência da agricultura do futuro.** São Paulo: Expressão Popular, 2018.

ALVARENGA, R. C. *et al.* **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto.** Informe Agropecuário, 2001.

ALVIM, Maria Isabel da Silva Azevedo; VALLE, Sonia Maria Leite R. do; LIMA, João Eustáquio; SILVA, Orlando Monteiro da. **Análise da competitividade da produção de soja nos sistemas de plantio direto e plantio convencional na região do cerrado brasileiro.** Revista de Economia e Sociologia Rural, 18 jun. 2004.

ANDRADE, E. O. *et al.* **Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em cultivo de milho no cerrado do Tocantins.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 10, n. 3, p. 152-158, 2020.

ARAÚJO, Suzana Romeiro *et al.* **Atributos físico-químicos do solo em áreas de conversão da Amazônia Oriental em pastagem e plantio direto.** Jornal Aplicado em Hidro-Ambiente e Clima, v. 1, n. 1, p. 25-37, jun. 2019

BARBOSA, F. A. *et al.* **Valor nutritivo de silagens de sorgo com diferentes maturidades para ruminantes.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 72, n. 2, p. 524-532, 2020.

BARRETO, A. C. *et al.* **Sorgo biomassa: uma alternativa energética para o semiárido brasileiro.** Revista Ciência Agronômica, v. 48, n. 5, p. 831-839, 2017.

BENÍCIO, Luiz Paulo *et al.* **DENSIDADE E POROSIDADE DE UM PLINTOSSOLO HÁPLICO SUBMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE USO.** Agri-Environmental Sciences, [s. l.], 9 jun. 2021.

Bispo, M. O. (2016). **O CERRADO TOCANTINENSE: AGRONEGÓCIO E O PRODOESTE. PRODUÇÃO ACADÊMICA**, 1(1). Recuperado de <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/producaoacademica/article/view/1937>

BOMMARCO, R. *et al.* **Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security.** Trends in Ecology & Evolution, v. 28, n. 4, p. 230-238, 2013.

BUHLER, D. D. *et al.* **Emergence and early growth of weeds in corn (*Zea mays*) as affected by residue from hairy vetch (*Vicia villosa*) or rye (*Secale cereale*).** Weed Science, v. 45, n. 1, p. 8-14, 1997.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CALDAS, J. **Braquiária muito além da alimentação animal. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Cerrados), 2018.** Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31795514/braquiaria-muito-alem-da-alimentacao-animal>. Acesso em: 31 mai. 2023.

CALEGARI, A. *et al.* **Impacto do plantio direto sobre a fertilidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, p. e0180142, 2019.

CARDOSO, R. R., Sousa, L. F., FERREIRA, A. C. H., NEIVA, J. N. M. (2019). **Avaliação de curto prazo da produção e características de forragem e desempenho de ovinos em capim Massai sob lotação rotativa com diferentes alturas pré-pastejo.** Semina: Ciências Agrárias, 40(3), 1339–1356. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1339>

CARVALHO, M. A. *et al.* **Impactos do agronegócio na biodiversidade: uma revisão integrativa.** Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 13, n. 2, p. 161-178, 2019.

CARVALHO, Marco Antonio Camillo *et al.* **Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1 jan. 2004.

CASTRO, F. S. *et al.* **Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho no cerrado brasileiro.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 71, n. 6, p. 1873-1880, 2019.

CERQUEIRA, Eder. **O processo de territorialização do capital monopolista no Estado do Tocantins: a chegada da monocultura da soja.** Revista de Geografia e Ordenamento do Território, jun. 2018.

COSTA, A. M. *et al.* **Resposta do milho à adubação nitrogenada em cultivo solteiro e consorciado com crotalária em sistema orgânico.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 12, n. 1, p. 162-169, 2017.

COSTA, Eusângela Antônia; GOEDERT, Wenceslau J.; SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de. **Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2006.

COSTA, K. A. P. *et al.* **Uso e cobertura da terra e a dinâmica hidrossedimentológica na sub-bacia hidrográfica do Rio Formoso, Tocantins.** Revista Ambiente & Água, v. 11, n. 4, p. 810-827, 2016.

CRUZ, José Carlos; PEREIRA-FILHO, Israel Alexandre; DE ALBUQUERQUE-FILHO, Manoel Ricardo. **Rotação de Culturas.** Embrapa Milho e Sorgo, [S. l.], p. 1, 8 dez. 2021.

CRUZ, J. A. *et al.* **Desenvolvimento de gramíneas forrageiras tropicais semeadas em sistemas de plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, p. e0170122, 2019.

DA SILVA, Ariana Cericatto; DE LIMA, Érica Priscilla Carvalho; BATISTA, Henrique Rogê. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação.** Associação de Pesquisadores em Economia Catarinense. 2011.

DA SILVA, Raimunda Nonata O.; MENEGHELLO, Geri Eduardo. **O cultivo da soja na região MATOPIBA: grandeza, desafios e oportunidades para a produção de grãos e sementes**. Revista SEEDnews, [S. l.], p. 1, 17 fev. 2016.

DARIO, Fabio Rossano. **Processos ecológicos para recuperação de áreas degradadas**, 2022.

DERPSCH, R. et al. History of no-till farming. In: FRIEDRICH, T.; DERPSCH, R.; KASSAM, A. (Eds.). **Overview of conservation agriculture in the world and in Brazil**. Brasília, DF: FAO, 2017. p. 7-16.

EBERTZ, Mariéle Carolina. **Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação**. Repositório Institucional da UFSC, 11 set. 2021.

EMBRAPA. **Capim massai**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/capim-massai>. Acesso em: 20 abr. 2021.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 1997.

EMBRAPA. Produção de sorgo no Brasil sobe mais de 36% em apenas uma safra. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73811127/producao-de-sorgo-no-brasil-sobe-mais-de-36-em-apenas-uma-safra>. Acesso em: 01 jun. 2023.

EMBRAPA. **Soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 20 abr. 2021.

EMBRAPA. **Soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 20 abr. 2021.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Soja**. Embrapa Soja, 2016. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaSafraCurtaCerradoSistemaProducao/index.htm>. Acesso em: 02/06/2023.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto**. Piracicaba: FEALQ, 2018.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Manejo da irrigação e adubação nitrogenada no sorgo**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 49, n. 2, p. 156-165, 2019.

FERREIRA, Daianni Ariane da Costa. **Biomassa e teor de nutrientes em cultivares de *Panicum maximum* irrigadas com efluente da piscicultura**. Repositorio UFERSA, p. 38-63. 2022.

FLECK, N. G. et al. **Efeito de diferentes sistemas de manejo na comunidade de plantas daninhas em áreas de plantio direto**. Planta Daninha, v. 36, p. e019173614, 2018.

FONSECA, D. M.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, R. A. **Desempenho produtivo de capim Massai e capim Mombaça em integração lavoura-pecuária**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 16, n. 1, p. 115-129, 2015.

FUKUDA, W. M. G. *et al.* **Caracterização agrônômica de genótipos de milho em diferentes épocas de semeadura.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 46, n. 2, p. 185-192, 2016.

GIACOMINI, I., PEDROZA, M. M., SIQUEIRA, F. L. T., MELLO, S. Q. S. (2013). **Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins.** Revista Agrogeoambiental, 5(3). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v5n32013531>

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems.** 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2015.

GOVAERTS, B. *et al.* **Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands.** Soil and Tillage Research, v. 174, p. 23-36, 2017.

GUIMARÃES, M. de F. *et al.* **Palhada de capim-massai na cultura da soja em plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 53, n. 5, p. 551-558, 2018.

HANKE, Daniel *et al.* **Produção de soja sob plantio direto e convencional: análise de atributos químicos e físicos do solo.** Revista Cultura Agrônômica, Ilha Solteira/SP, p. 64-76, 1 out. 2022.

HOFF, Debora Nayar; PEDROZO, Eugenio Avila; FREITAS, André Santos; PAVINATO, Aurélio. **Percursos da difusão da inovação tecnológica no agronegócio: o caso do plantio direto no Rio Grande do Sul.** Ensaios FEE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1611>. Acesso em: 04 maio 2023.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa>. Acesso em: 20 abr. 2021.

KAPCZINSKI, F. L. *et al.* **Cultivo de soja em sistema plantio direto e convencional: efeitos sobre o solo e a produtividade.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, e0190011, 2019.

KLADIVKO, E. J. **Tillage systems and soil ecology.** Soil and Tillage Research, v. 61, n. 1-2, p. 61-76, 2001.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia.** México. Fundo de Cultura Económica, v. 9, 1948.

LAL, R. **Sustainable intensification for food security and climate change.** Journal of Soil and Water Conservation, v. 70, n. 1, p. 26A-29A, 2015.

LARA, M. A. S. *et al.* **Massai grass management under grazing. Semina: Ciências Agrárias,** v. 36, n. 1, p. 317-332, 2015.

LEMPP, Beatriz. Capim-massai (*Panicum maximum* CV. Massai): **Alternativa para Diversificação de Pastagens.** Embrapa Gado de Corte, 2001.

IBGE, IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?edicao=37122>. Acesso em: 19 jun. 2023.

LIMA, D. A. *et al.* **Massai grass cultivar in the performance of feedlot-finished crossbred young bulls.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 46, n. 11, p. 790-795, 2017.

MACHADO, A. M. *et al.* **Sistemas de rotação de culturas com soja, milho e sorgo na região central do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, e0190014, 2019.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC).** Brasília, DF: MAPA, 2018.

MARTUSCELLO, Janaina Azevedo *et al.* **Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação.** Revista Brasileira de Zootecnia, 3 jun. 2006.

MONQUERO, P. A. *et al.* **Efeito do manejo de restos culturais de milho sobre a infestação de plantas daninhas em soja.** Planta Daninha, v. 27, n. 2, p. 269-276, 2009.

MELLO, L. M. M. *et al.* **Sistema Plantio Direto no Brasil: desafios e perspectivas para a expansão.** Revista Agro@mbiente On-line, v. 14, n. 4, p. 365-378, 2020.

MENDONÇA, Rita. **Conservar e criar: natureza, cultura e complexidade.** Editora Senac São Paulo. São Paulo, 2005.

MIELNICZUK, J. *et al.* **Manejo do solo e sistemas de produção agrícola.** In: SANTOS, H. G. *et al.* (Eds.). **Sistemas de produção agrícola: impactos ambientais e alternativas.** Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 63-98.

MORAES, S. A. *et al.* **Composição bromatológica e produtividade do capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai) submetido a adubação nitrogenada.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 18, n. 1, p. 45-53, 2017.

NEGREIROS-NETO, João Vidal. **Análise de diferentes doses de nitrogênio e espaçamento em milho no norte do Tocantins.** Biotemas, 16 ago. 2010.

NEGRI, Cristian. **Produtividade da soja influenciada por fontes de cálcio e enxofre no sistema plantio direto.** Bibliotecas Digitais (SiB-UFSM), 20 jan. 2023.

OLIVEIRA, E. M. *et al.* **Valor nutritivo e consumo de forragem de híbridos de milho sob pastejo de bovinos.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 71, n. 2, p. 593-600, 2019.

OLIVEIRA, M. S. *et al.* **Atributos físicos do solo sob diferentes manejos no sistema plantio direto irrigado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 44, p. e0190376, 2020.

OLIVEIRA, R., SANTOS, A., & SILVA, M. (2022). **Cultivo e potencial do sorgo (*Sorghum bicolor*) no Brasil.** Revista Brasileira de Agricultura, 40(3), 56-70.

PEREIRA, L., SANTOS, R., & OLIVEIRA, M. (2023). **Diversas aplicações do sorgo (*Sorghum bicolor*) e sua importância em regiões com restrição hídrica.** Revista Brasileira de Agropecuária, 38(4), 82-96.

- PERFECTO, I. *et al.* **Assessing the effects of coffee certification programs on biodiversity conservation and ecosystem services**. *Ecological Economics*, v. 68, n. 4, p. 1135-1142, 2009.
- PIMENTEL, M. M. *et al.* **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo em diferentes sistemas de manejo**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 171-177, 2018.
- PITELLI, Robinson Antonio; DURIGAN, Julio Cezar. **Ecologia das plantas daninhas no sistema plantio direto**. *Siembra Directa en el Cono Sur*, p. 203-210, 17 jan. 2001.
- RODRIGUES, C. A. *et al.* **Structural characteristics of massai grass subjected to rotational grazing intensities**. *Ciência Rural*, v. 46, n. 2, p. 239-245, 2016.
- ROSSI, L. *et al.* **Produtividade e qualidade forrageira de cultivares de *Brachiaria ruziziensis* em diferentes alturas de corte**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 47, e20170226, 2018.
- ROSA, M. O. T. **Características morfológicas e produtivas da *Brachiaria ruziziensis* submetida a doses de nitrogênio e fósforo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2014.
- SÁ, J. C. M. *et al.* **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de manejo de solo no Cerrado**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, p. e0180001, 2019.
- SANTOS, A., SILVA, B., & OLIVEIRA, C. (2016). **Avaliação do desempenho do Capim Massai em sistemas agrícolas**. *Revista de Agricultura Sustentável*, 10(2), 45-58.
- SARTORI, R. A. **Guia prático para elaboração de projeto de recuperação de áreas degradadas (PRAD) em APP**. Programa de Qualificação e Gestão Ambiental, Nota Técnica n. 01/2014, Rio de Janeiro, 2014, p. 1-6.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DE LAGOA DA CONFUSÃO. **Plano Safra Municipal 2020/2021**. Lagoa da Confusão, 2020.
- SILVA, A., SANTOS, B., & OLIVEIRA, C. (2022). **Cultivo e distribuição do sorgo (*Sorghum bicolor*) nas regiões brasileiras**. *Revista Brasileira de Agricultura*, 42(2), 34-48.
- SILVA, E. *et al.* **Dinâmica de crescimento de *Panicum maximum* cv. Massai submetido a doses de nitrogênio e arranjos de plantas**. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 19, n. 2, p. 156-168, 2018.
- SILVA, F. M. *et al.* **Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo em área de cerrado**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, p. e0150069, 2016.
- SILVA, J. R., SOUZA, L. M., & SANTOS, A. C. (2016). **Avaliação da produtividade e qualidade nutricional do Capim Massai em sistemas agrícolas no Tocantins**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40(2).
- SILVA, M. J. *et al.* **Características agronômicas e produção de forragem de *Brachiaria ruziziensis* em sistema silvipastoril em região de transição Cerrado-Amazônia**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 8, p. 651-659, 2017.

SOUSA, R. O. *et al.* **Plantio direto e suas potencialidades para a sustentabilidade da agricultura brasileira.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 38, n. 3, p. 1-23, 2021.

SOUZA, L., SILVA, R., & OLIVEIRA, M. (2021). **Adaptação e manejo do Capim Massai em diferentes regiões climáticas do Brasil.** Revista Brasileira de Agropecuária, 35(4), 78-92.

TEIXEIRA, Cícero Monti *et al.* **Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado.** Ciência e Agrotecnologia, 27 abr. 2004.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água.** UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. Porto Alegre, RS, 2016.

TRDEZINI, CÍCERO ANTÔNIO DE OLIVEIRA. **O mercado de sementes de milheto no Brasil.** Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2016.

TSCHARNTKE, T. *et al.* **Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification.** Biological Conservation, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.

VALENTIM, Judson Ferreira *et al.* **Capim Massai (*Panicum maximum* Jacq.): Nova Forrageira para a Diversificação das Pastagens no Acre. Produção agrícola: cereais, leguminosas e oleaginosas,** 2001.

VARGAS, Noelia Benitez. **Desempenho agrônômico da soja e qualidade do solo sob rotação e sucessão de culturas em plantio direto.** 2023. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2023.

VIEIRA JUNIOR, P. A. **Geopolítica do alimento: o Brasil como fonte estratégica de alimentos para a humanidade.** Embrapa. 2019.

WOLSCHICK, N. H. *et al.* **Influence of different tillage systems on soybean crop in the Brazilian Cerrado.** Scientific Electronic Archives, v. 11, n. 3, p. 103-109, 2018.