



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

GUILHERME MACHADO SILVA

**ESTUDO DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM UM SISTEMA DE PRODUÇÃO
AGROSSILVIPASTORIL NO SUDOESTE DO ESTADO DO TOCANTINS**

LAGOA DA CONFUSÃO - TO
2025



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

GUILHERME MACHADO SILVA

**ESTUDO DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM UM SISTEMA DE PRODUÇÃO
AGROSSILVIPASTORIL NO SUDOESTE DO ESTADO DO TOCANTINS**

Pré Projeto de Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado como requisito parcial
para obtenção do Título de Engenheiro
Agrônomo, do Curso Superior de Engenharia
Agrônômica, do Instituto Federal do
Tocantins, Campus Lagoa da Confusão.

Orientador: **Prof. Dr. Reinaldo Ferreira
Medeiros**

LAGOA DA CONFUSÃO - TO
2025

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

-
- S586e Silva, Guilherme Machado
Estudo da ciclagem de nutrientes em um sistema de produção
agrossilvipastoril no sudoeste do estado do Tocantins / Guilherme
Machado Silva. – Lagoa da Confusão, TO, 2025.
32 p.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO,
2025.
- Orientador: Dr. Reinaldo Ferreira Medeiros
1. Ciclagem. 2. agrossilvipastoril. 3. nutrientes. I. Ferreira
Medeiros, Reinaldo. 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 Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ESTUDO DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM UM SISTEMA DE PRODUÇÃO AGROSSILVIPASTORIL NO SUDOESTE DO ESTADO DO TOCANTINS”

AUTOR : Guilherme Machado Silva
ORIENTADOR: Reinaldo Ferreira Medeiros

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 Agrônômica.

Reinaldo Ferreira Medeiros (Orientador)

Rafael dos Santos Silva (Avaliador 1)

Beatriz Gomes Ribeiro (Avaliador 2)

Aprovado em 25 de junho de 2025



Documento assinado eletronicamente por **Reinaldo Ferreira Medeiros, Gerente**, em 04/07/2025, às 11:05, 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 **Rafael dos santos Silva, Usuário Externo**, em 04/07/2025, às 14:04, 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 **BEATRIZ GOMES RIBEIRO**, Usuário **Externo**, em 04/07/2025, às 17:01, 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.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2820768** e o código CRC **8E99C1E7**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23235.013996/2025-21

SEI nº 2820768

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para realizar meu sonho.

Agradeço a minha esposa Stefany Vitória de Almeida Lopes e meu filho João Guilherme de Almeida Machado por sempre estarem comigo e me apoiarem, vocês são a luz da minha vida.

Agradeço meus pais: Lázaro Nonato da Silva e Rejane Pereira Machado Silva pela educação, conselhos e por me incentivarem a não desistir dos meus sonhos.

Agradeço ao meu professor orientador, pelas orientações prestadas a este trabalho de conclusão de curso.

Agradeço aos meus amigos que estiveram comigo ao longo desta jornada tão gratificante e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto.

RESUMO

Este pré-projeto tem como objetivo avaliar a eficiência da ciclagem de nutrientes em sistemas agrossilvipastoris, destacando sua relevância para a sustentabilidade agropecuária no sudoeste do estado do Tocantins. A integração entre atividades agrícolas, pecuárias e florestais proporciona melhorias significativas na fertilidade do solo, conservação da água e sequestro de carbono, contribuindo diretamente para a recuperação de áreas degradadas e redução do impacto ambiental causado pelo uso excessivo de insumos químicos. A pesquisa envolverá análises detalhadas da disponibilidade de macro e micronutrientes no solo, na biomassa arbórea e nas forrageiras em diferentes profundidades e períodos, utilizando métodos como amostragem de solo, coletores de serapilheira e bolsas de decomposição (litter bags). Além disso, serão avaliados indicadores produtivos das culturas e o desempenho animal, permitindo a análise do impacto da disponibilidade nutricional sobre a produtividade agrícola e pecuária. Os resultados obtidos serão tratados por meio de análises estatísticas robustas, incluindo testes de comparação de médias e análises multivariadas, visando identificar padrões que contribuam para o manejo mais eficiente dos recursos naturais. Espera-se que o estudo gere informações essenciais para otimizar práticas agrícolas sustentáveis, aumentar a resiliência frente às mudanças climáticas e apoiar políticas públicas para adoção em larga escala dos sistemas agrossilvipastoris na região tocantinense.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; Fertilidade do solo; Sustentabilidade agropecuária; Integração lavoura-pecuária-floresta; Manejo sustentável; Tocantins.

ABSTRACT

This research proposal aims to evaluate the efficiency of nutrient cycling in agrosilvopastoral systems, highlighting their relevance for agricultural sustainability in the southwestern region of Tocantins state, Brazil. Integrating agricultural, livestock, and forestry activities significantly enhances soil fertility, water conservation, and carbon sequestration, directly contributing to the recovery of degraded areas and reducing the environmental impact caused by excessive use of chemical inputs. The study will involve detailed analyses of macro- and micronutrient availability in the soil, tree biomass, and forage plants at various depths and periods, using methods such as soil sampling, litterfall collectors, and decomposition bags (litter bags). Furthermore, agricultural productivity indicators and animal performance will be assessed to analyze how nutrient availability impacts crop and livestock productivity. Data will undergo robust statistical analyses, including mean comparisons and multivariate analyses, to identify patterns that contribute to more efficient natural resource management. The study is expected to generate essential information to optimize sustainable agricultural practices, enhance resilience to climate change, and support public policies promoting large-scale adoption of agrosilvopastoral systems in the Tocantins region.

Keywords: Nutrient cycling; Soil fertility; Agricultural sustainability; Crop-livestock-forest integration; Sustainable management; Tocantins.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
JUSTIFICATIVA.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo Geral.....	4
Objetivos Específicos.....	4
REVISÃO DE LITERATURA	5
METODOLOGIA	10
Local da Área Experimental.....	10
ORÇAMENTO.....	13
CRONOGRAMA	14
CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

INTRODUÇÃO

Os sistemas agrossilvipastoris possuem importância fundamental na busca por uma produção agropecuária sustentável, pois integram espécies florestais, cultivos agrícolas e pecuária de maneira sinérgica (Trentin; Pinheiro, 2023). Essa abordagem possibilita a otimização do uso da terra, a diversificação da produção e a melhoria da resiliência dos sistemas produtivos frente a adversidades climáticas e ambientais (Nascimento, 2024; Barros, 2020). Além disso, tais sistemas desempenham um papel essencial na recuperação de áreas degradadas, na conservação do solo e da água e no sequestro de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Costa et al., 2024). Nesse contexto, a adoção e o manejo adequado desses sistemas podem gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais para os produtores e para a sociedade como um todo (Rezende, 2024; Lins et al., 2022).

Os sistemas agrossilvipastoris no Tocantins têm ganhado destaque como estratégia sustentável para a produção agropecuária (Skorupa et al., 2019). Embora dados específicos sobre a área total dedicada a esses sistemas no estado sejam limitados, estima-se que aproximadamente 5 milhões de hectares de pastagens estejam em algum estágio de degradação (Kazmierczak, 2023). A implementação de sistemas integrados, como os agrossilvipastoris, torna-se uma alternativa promissora para a recuperação dessas áreas, promovendo a intensificação sustentável da produção. Estudos indicam que a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) pode reduzir entre 20% e 30% as emissões de gases de efeito estufa e sequestrar cerca de 8 toneladas de CO₂ por hectare ao ano (Cherubin et al., 2023). No contexto tocantinense, a produtividade agrícola tem apresentado crescimento significativo; por exemplo, na safra 2021/22, a produção de grãos foi estimada em 5,89 milhões de toneladas, representando um aumento de 6,7% em relação à temporada anterior (Conab, 2021).

A ciclagem de nutrientes desempenha um papel central nos sistemas agrossilvipastoris, pois influencia diretamente a fertilidade do solo e a produtividade das culturas (Souza, 2022). Oliveira (2024) menciona que a presença de árvores no sistema favorece a retenção de nutrientes no perfil do solo, reduzindo perdas por

erosão e lixiviação. Além disso, a decomposição da matéria orgânica proveniente da vegetação arbórea e dos resíduos culturais contribui para a liberação gradual de nutrientes essenciais, garantindo um suprimento contínuo para as plantas e reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos (Andrade, 2020). Dessa maneira, a ciclagem eficiente de nutrientes não apenas melhora a sustentabilidade do sistema, mas também reduz os impactos ambientais associados ao uso excessivo de insumos químicos (Gomes et al., 2024).

A fertilização é um dos principais fatores que influenciam a produtividade desses sistemas e a aplicação balanceada de nutrientes contribui para o crescimento equilibrado das culturas e das espécies arbóreas, garantindo uma maior oferta de forragem para os animais e uma melhor fixação de carbono no solo e na biomassa vegetal (Finkler, 2024; Souza, 2019). Além disso, a fertilização impacta diretamente a eficiência da ciclagem de nutrientes, promovendo o reaproveitamento de elementos essenciais e reduzindo a necessidade de insumos externos (Pereira, 2024). Entretanto, o manejo inadequado da adubação pode acarretar perdas de nutrientes por lixiviação e volatilização, além de intensificar a emissão de gases de efeito estufa (GEE), o que reforça a necessidade de práticas sustentáveis de manejo (Ruthes, 2019).

Diante do exposto, este pré-projeto tem como objetivo desenvolver um estudo relacionado à ciclagem de nutrientes em sistemas agrossilvipastoris na região tocaninense. Além de estudar as interações entre os componentes do sistema e identificar práticas de manejo que otimizem a ciclagem de nutrientes nesse sistema de produção, no sudoeste do estado do Tocantins.

JUSTIFICATIVA

A crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis tem impulsionado a adoção dos sistemas agrossilvipastoris, que integram agricultura, pecuária e silvicultura de forma sinérgica, visando maior eficiência produtiva e preservação ambiental. No entanto, apesar dos benefícios potenciais desses sistemas, ainda há desafios no conhecimento sobre a dinâmica da ciclagem de nutrientes, especialmente em regiões de transição entre o Cerrado e a Amazônia, como o sudoeste tocaninense. A ciclagem de nutrientes é um processo fundamental para a manutenção da fertilidade do solo e para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Em sistemas agrossilvipastoris, a diversidade de espécies vegetais e animais influencia diretamente esse processo, promovendo maior retenção e redistribuição de nutrientes. Contudo, a eficiência desse ciclo pode variar de acordo com os arranjos adotados, a composição das espécies e o manejo do solo e da vegetação. Dessa forma, torna-se essencial a realização de estudos que investiguem a dinâmica dos nutrientes nesses sistemas, fornecendo recursos para a adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis na região tocanina. Além dos aspectos agronômicos, a relevância deste pré-projeto baseia-se na necessidade de estratégias produtivas que contribuam para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para a adaptação às mudanças climáticas. A ciclagem eficiente de nutrientes pode reduzir a dependência de insumos externos, minimizar impactos ambientais e garantir maior estabilidade produtiva, promovendo sistemas agrícolas resilientes e sustentáveis.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do sistema agrossilvipastoril na manutenção da fertilidade do solo, comparando a disponibilidade de nutrientes em diferentes componentes do sistema e verificando possíveis impactos na produtividade agrícola e pecuária.

Objetivos Específicos

Quantificar os teores de macro e micronutrientes no solo, na pastagem e na biomassa arbórea do sistema agrossilvipastoril.

Avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo em diferentes profundidades e áreas do sistema, considerando a influência das espécies vegetais presentes.

Mensurar a produção de biomassa vegetal e sua relação com a eficiência na absorção e redistribuição de nutrientes no sistema.

Comparar a ciclagem de nutrientes no sistema agrossilvipastoril com sistemas convencionais de produção.

REVISÃO DE LITERATURA

Sistema agrossilvipastoril no Brasil e no Tocantins, dados de produtividade

Os sistemas agrossilvipastoris têm se consolidado como estratégias eficazes para a promoção da sustentabilidade na produção agropecuária no Brasil (Abadias et al., 2020). A integração entre culturas agrícolas, criação de animais e espécies arbóreas em um mesmo espaço produtivo configura uma estratégia eficiente de uso dos recursos naturais, favorecendo sinergias ecológicas que resultam em ganhos de produtividade e sustentabilidade. Tal abordagem contribui simultaneamente para a viabilidade econômica dos sistemas produtivos e para a mitigação de impactos ambientais (Abreu et al., 2024). Além disso, os sistemas integrados demonstram elevado potencial na recuperação de áreas degradadas e na conservação dos recursos edáficos e hídricos, elementos fundamentais para a consolidação de modelos sustentáveis de desenvolvimento rural (Nascimento, 2022).

No estado do Tocantins, práticas integradas como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) têm demonstrado resultados positivos em termos de produtividade e preservação ambiental (Campos et al., 2024). De acordo com o 6º Levantamento da Safra de Grãos 2024/25 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), divulgado em março de 2025, a produção de grãos no Tocantins foi estimada em 8,9 milhões de toneladas, representando um aumento de 16% em relação à safra anterior (Conab, 2025). Esse crescimento é atribuído não apenas à expansão da área cultivada, mas também à adoção de sistemas produtivos mais eficientes, que melhoram o aproveitamento dos nutrientes e a saúde do solo (Filho et al., 2024).

Em nível nacional, a produção de grãos para a safra 2024/25 foi estimada em 328,3 milhões de toneladas, conforme o mesmo levantamento da Conab (Conab, 2025). Esse volume representa um aumento de 6,1% em comparação à safra anterior, indicando um crescimento significativo na produção agrícola do país, a área total cultivada com grãos no Brasil foi projetada em 81,6 milhões de hectares, evidenciando a expansão da atividade agrícola (Conab, 2025).

Especificamente para o Tocantins, a área plantada com grãos foi estimada em 1,2 milhão de hectares, refletindo o potencial agrícola do estado e a crescente

adoção de práticas sustentáveis, como os sistemas agrossilvipastoris (Conab, 2025). A adoção dessas práticas promove o incremento da produtividade agropecuária ao mesmo tempo em que assegura a conservação dos recursos naturais, configurando-se como uma abordagem compatível com os princípios e diretrizes do desenvolvimento sustentável (Cabral, 2024).

Além disso, o uso de tecnologias modernas, como a técnica Antecipe (plantio simultâneo da soja e do milho, em que o milho é semeado na entrelinha da soja ainda em fase final de desenvolvimento, antecipando o cultivo da segunda safra) desenvolvida pela Embrapa, tem impulsionado a produtividade agrícola na região (Bulegon, 2024). Por exemplo, no cultivo do milho segunda safra, registou-se um incremento de 287% na produtividade, alcançando uma média de 3.062 kg/ha (EMBRAPA, 2024). Esses dados refletem o potencial dos sistemas integrados em regiões como o Tocantins, onde a adoção de práticas sustentáveis é fundamental para assegurar a produção de alimentos e a preservação dos recursos naturais (Sousa et al., 2024).

Manejo dos Sistemas agrossilvipastoris

O sucesso dos sistemas agrossilvipastoris está diretamente relacionado ao manejo adequado das diferentes atividades que os compõem (Azevedo et al., 2022). É essencial que no planejamento envolvam escolhas coerentes de espécies vegetais e práticas agrícolas que favoreçam o equilíbrio do sistema como um todo (Salomão, 2019). O manejo do solo, por exemplo, deve considerar fatores como a conservação da umidade, a manutenção da fertilidade e a redução de processos erosivos (Muhl, 2024). Além disso, práticas como a rotação de culturas e o manejo do pastejo devem ser aplicadas de forma estratégica, visando o aproveitamento eficiente dos nutrientes e a preservação da qualidade do solo (Ribeiro, 2024).

Outro ponto importante é que o manejo adaptativo, que leva em conta as particularidades do clima e do solo local, tende a apresentar melhores resultados (Tonello, 2024). É preciso ajustar as práticas às condições específicas de cada região, especialmente em um estado como o Tocantins, que possui características ambientais próprias (Queiroz, 2024). Nesse sentido, o uso racional de insumos, aliado a técnicas de conservação do solo e da água, pode contribuir para a longevidade e eficiência dos sistemas agrossilvipastoris (Otoni, 2019). A adoção de práticas como adubação

orgânica, plantio direto, terraceamento e cobertura vegetal permanente reduz significativamente a perda de nutrientes por lixiviação e erosão (Navarro et al., 2021). Além disso, o uso moderado e criterioso de fertilizantes e defensivos químicos minimiza os impactos ambientais, preserva os microrganismos do solo e melhora a eficiência da ciclagem de nutrientes, o que é fundamental para reduzir a emissão de gases de efeito estufa e manter o equilíbrio do sistema (Ayres, 2022).

Ciclagem de nutrientes em sistemas agropecuários

A ciclagem de nutrientes é essencial para garantir a fertilidade do solo e o bom desenvolvimento das plantas em sistemas agropecuários (Greco, 2019). Em áreas manejadas de forma integrada, esse processo ocorre de maneira mais dinâmica, pois o solo recebe diferentes tipos de resíduos orgânicos provenientes de culturas agrícolas, forrageiras e espécies arbóreas (Silva et al., 2023). Essa diversidade de fontes contribui para que os nutrientes sejam disponibilizados de forma gradual e constante, favorecendo o equilíbrio do sistema (Kerkhoff, 2024).

A presença de árvores em áreas agrícolas, por exemplo, favorece a retenção de nutrientes no solo, diminuindo perdas que poderiam ocorrer por lixiviação ou erosão (Nascimento et al., 2024). Além disso, quando essas plantas são podadas ou deixam resíduos no solo, como folhas e galhos, esse material se decompõe e retorna ao solo na forma de nutrientes essenciais (Almeida et al., 2016). Esse processo natural de reciclagem ajuda a reduzir a necessidade de adubos químicos, tornando o sistema menos dependente de insumos externos (Carias, 2021).

Segundo (Crespo et al., 2023) os sistemas agrossilvipastoris bem manejados podem apresentar uma ciclagem de nutrientes mais eficiente do que os sistemas convencionais. A diversidade de espécies e a alternância entre cultivos agrícolas e pastagens ajudam a manter o solo produtivo por mais tempo (Teles et al., 2024). Além disso, a presença de árvores como o baru (*Dipteryx alata*), o ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*), e o angico (*Anadenanthera colubrina*) podem contribuir para a fixação de carbono e para o aumento da matéria orgânica, elementos fundamentais para a saúde do solo (Bettiol et al., 2023).

Comparação entre sistemas agrossilvipastoris e outros sistemas de produção

Quando se compara os sistemas agrossilvipastoris com os sistemas convencionais de produção, algumas vantagens tornam-se evidentes (Souza, 2021). Enquanto monoculturas como a soja (*Glycine max*), o milho (*Zea mays*) e a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), além da pecuária extensiva, frequentemente levam ao desgaste do solo e à degradação ambiental, os sistemas integrados promovem um uso mais equilibrado e sustentável dos recursos disponíveis (Barbosa, 2024).

A eficiência na ciclagem de nutrientes é um dos principais diferenciais, uma vez que os resíduos provenientes das diferentes culturas e espécies vegetais são constantemente reciclados, proporcionando um enriquecimento contínuo do solo (Lima Filho et al., 2023). Além disso, o sombreamento oferecido por árvores e arbustos pode melhorar o microclima local, reduzir a evaporação e, conseqüentemente, conservar a umidade do solo por períodos mais longos (Oliveira, 2021).

A prática da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), por exemplo, é vista como uma alternativa estratégica para reduzir o desmatamento e promover a intensificação sustentável da produção agropecuária (Monteiro, 2021). Sistemas convencionais, por outro lado, geralmente requerem a utilização intensiva de insumos agrícolas, o que pode gerar impactos ambientais a médio e longo prazo (Buchala, 2024).

Sustentabilidade e Perspectivas para o Manejo da Fertilidade do Solo

Os sistemas agrossilvipastoris configuram-se como uma estratégia promissora para a conservação do solo e a promoção da sustentabilidade na produção agrícola (Antunes et al., 2025). A implementação desses sistemas, sobretudo em regiões com recursos naturais limitados ou submetidos à intensa pressão por expansão da fronteira agrícola, apresenta elevado potencial para a recuperação de áreas degradadas e o incremento da produtividade, sem comprometer a integridade ambiental (Pereira, 2022).

No contexto do estado do Tocantins, cujas áreas agrícolas se concentram majoritariamente em regiões de Cerrado, torna-se imprescindível a adoção de práticas produtivas que contribuam para a preservação da biodiversidade e para a regeneração natural dos ecossistemas (Moretti, 2021). Nesse cenário, políticas

públicas que fomentem a utilização de sistemas integrados, bem como o desenvolvimento de pesquisas voltadas à compreensão dos processos ecológicos e produtivos envolvidos, desempenham papel crucial na ampliação da adoção dessas práticas em escala regional e nacional (Gomes, 2024).

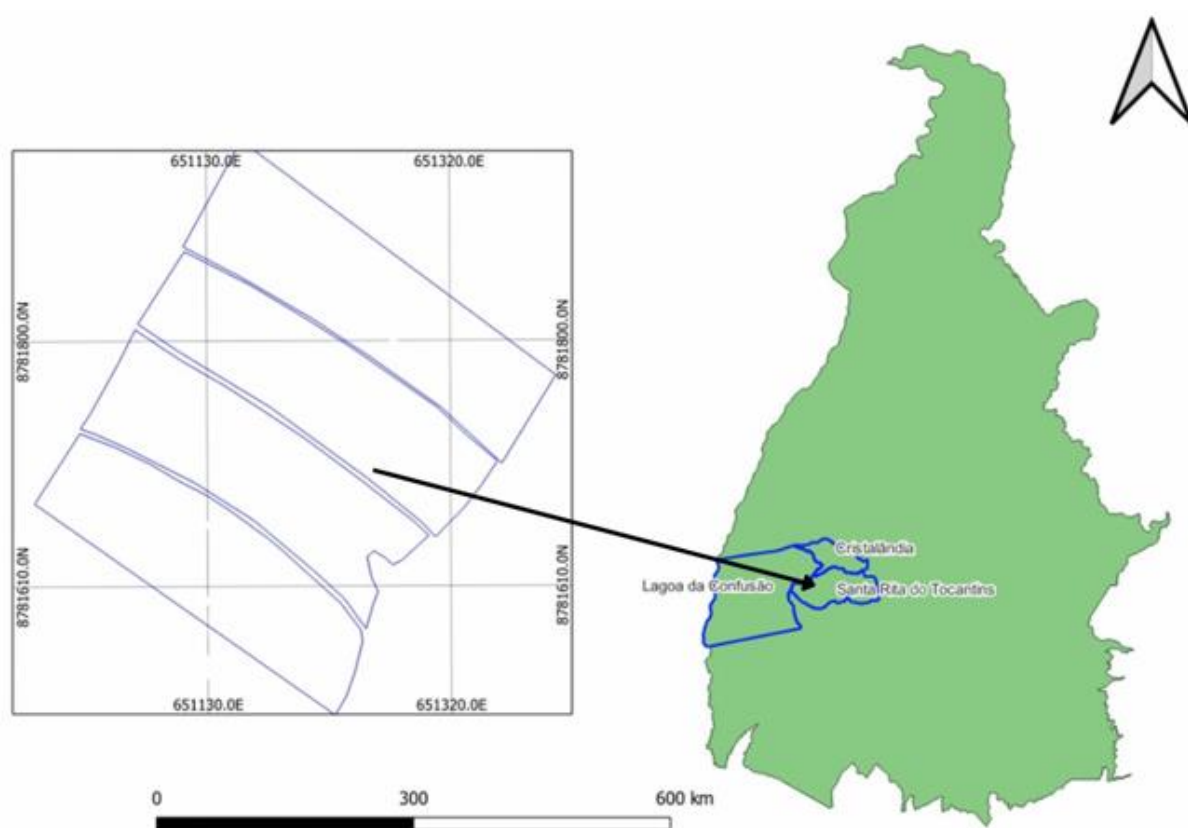
A viabilidade e a sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris dependem diretamente de um manejo técnico qualificado e de um planejamento estratégico que considere as especificidades edafoclimáticas, socioeconômicas e culturais de cada região, além das demandas locais dos produtores (Bravo-Peña et al., 2024). Nesse sentido, o investimento contínuo em capacitação técnica e no aprimoramento de tecnologias que favoreçam o uso racional dos recursos naturais é fundamental para consolidar esses sistemas como pilares de uma agricultura ambientalmente responsável e economicamente viável (Figueiredo, 2024).

METODOLOGIA

Local da Área Experimental

O experimento será conduzido em condições de campo na fazenda Agro Verde situada no Assentamento São Judas Tadeu, pertencente ao município de Santa Rita do Tocantins, situado sob as coordenadas de latitude $11^{\circ}01'09''\text{S}$ e longitude $49^{\circ}36'52''\text{W}$.

Figura 1 - Fazenda Agro Verde.



Fonte: Próprio Autor (2025).

Inicialmente, será realizada a caracterização físico-química do solo, com amostragens em duas profundidades (0–20 e 20–40 cm), a partir da coleta em locais representativos na área experimental. As amostras de solo serão coletadas com trado holandês, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhadas para análise laboratorial. Serão determinados os seguintes atributos:

pH, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), além da análise de granulometria, densidade aparente do solo, densidade de partículas, macroporos, microporos e porosidade total, segundo metodologias estabelecidas pela EMBRAPA (2017).

A fim de avaliar o fluxo e a reciclagem de nutrientes no sistema, será realizada a coleta de material vegetal representativo dos principais compartimentos do sistema: folhas das espécies arbóreas presentes na área da fazenda como o pequi (*Caryocar brasiliense*), o angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina*), o jacarandá-do-cerrado (*Machaerium opacum*) e a sucupira-branca (*Pterodon emarginatus*), parte aérea de forrageiras e resíduos de culturas agrícolas. Serão também instalados coletores de serapilheira (camada superficial do solo do sistema agrosilvipastoril, feita de folhas e ramos) com área de 1m², dispostos aleatoriamente sob a copa das árvores e em áreas abertas, para quantificação do aporte de resíduos orgânicos ao solo. A quantificação do aporte de nutrientes recicláveis será realizada por meio da coleta mensal da serapilheira, conforme metodologia descrita por Santos e Camargo (2008), com procedimentos adaptados do *Manual de Métodos de Análise de Solo* da Embrapa (Teixeira et al., 2017), incluindo a secagem a 65 °C até peso constante, moagem do material e posterior análise química para determinação dos teores de macro e micronutrientes.

Para avaliar a taxa de decomposição e a dinâmica de liberação de nutrientes, serão confeccionadas bolsas de decomposição (*litter bags*) com malha de 2 mm, contendo 20 g de material vegetal seco proveniente de diferentes compartimentos do sistema (folhas, restos culturais e forragem). As bolsas serão posicionadas sobre o solo e recolhidas em intervalos de 0, 60 e 120 dias após a instalação. O material remanescente será quantificado e analisado quanto à composição nutricional, permitindo o cálculo da taxa de decomposição e da eficiência de liberação de nutrientes ao solo. Com o intuito de monitorar a evolução da fertilidade do solo, novas coletas serão realizadas ao longo do ciclo agrícola nas mesmas profundidades e pontos previamente amostrados. Os dados obtidos serão utilizados para a construção de balanços de nutrientes, considerando entradas via ciclagem biogênica e saídas via exportação pelas culturas e forrageiras. A produtividade agrícola será avaliada por meio da colheita manual de parcelas úteis destinadas à

quantificação da biomassa seca e, quando aplicável, da produção de grãos ou forragem. No componente de pastagem, serão monitorados parâmetros como taxa de lotação, ganho médio diário (GMD) e peso final dos animais em pastejo, de modo a correlacionar a disponibilidade de nutrientes no solo com o desempenho zootécnico.

O experimento será conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas, totalizando 72 unidades experimentais. Os tratamentos serão compostos por quatro compartimentos do sistema agrossilvipastoril (componente florestal, agrícola, pastagem e testemunha), avaliados em três tempos de coleta (0, 60 e 120 dias) e em duas profundidades do solo (0–20 cm e 20–40 cm), com três repetições. As unidades experimentais serão compostas por bolsas de decomposição contendo 20 g de material vegetal seco, instaladas sobre o solo e recolhidas conforme os tempos definidos. Simultaneamente, serão coletadas amostras de solo em cada profundidade para análise físico-química, seguindo os protocolos da Embrapa. A serapilheira será monitorada mensalmente por meio de coletores de 1 m² instalados em cada compartimento. Os dados serão analisados por ANOVA para parcelas subdivididas, com comparação de médias com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância, todos esses dados obtidos serão utilizados para avaliar a dinâmica da ciclagem de nutrientes e suas relações com os compartimentos do sistema.

ORÇAMENTO

Item	Unidade	Qte	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Pá	uni	1	75	75
Trado holandês	uni	1	800	800
Enxada	uni	1	60	60
Sacos plásticos para solo (kg)	pct	100	0,5	50
Bolsas de decomposição (litter bags)	uni	100	5,5	550
Coletores de serrapilheira	uni	72	25	1800
Material escritório (etiqueta, caneta, pincel)	pct	1	50	50
Baldes plásticos (para coleta vegetal/serrapilheira e coletas de solo)	uni	8	30	240
Análise de solo em laboratório	uni	72	75	5400
Análises de tecidos vegetais	uni	120	50	6000
Transporte (visitas de campo)	km	320	4,5	1200
Material de campo diverso (luvas, trena, lápis, etc.)	pct	1	150	150
TOTAL				16.375

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da eficiência de sistemas agrossilvipastoris na manutenção da fertilidade do solo, com ênfase na dinâmica de ciclagem de nutrientes entre os diferentes compartimentos do sistema e seus possíveis impactos sobre a produtividade agrícola e pecuária. Com base na fundamentação teórica apresentada e na metodologia delineada, espera-se que este trabalho contribua de maneira significativa para o aprofundamento do conhecimento técnico-científico sobre os fluxos biogeoquímicos que regem a sustentabilidade desses sistemas integrados. A integração entre espécies arbóreas, culturas agrícolas e forrageiras configura uma estratégia promissora de uso racional dos recursos naturais, com potencial para promover a recuperação de áreas degradadas, reduzir a dependência de insumos químicos e mitigar impactos ambientais, tais como a degradação do solo e a emissão de gases de efeito estufa. Nesse contexto, a ciclagem eficiente de nutrientes poderá representar um mecanismo fundamental para garantir o equilíbrio entre produtividade e conservação ambiental.

Considerando-se as particularidades edafoclimáticas da região sudoeste do Tocantins — zona de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia —, os resultados esperados poderão oferecer subsídios valiosos para o aperfeiçoamento de estratégias de manejo adaptadas à realidade regional. Espera-se, ainda, que a comparação entre os compartimentos funcionais (florestal, agrícola, forrageiro e testemunha) possibilite a identificação de arranjos com maior capacidade de retenção e disponibilização de nutrientes ao longo do tempo. Além de ampliar o entendimento sobre a dinâmica ecológica de sistemas integrados, os dados gerados poderão embasar futuras pesquisas e orientar políticas públicas voltadas à promoção de modelos de produção agropecuária sustentáveis. Ademais, acredita-se que os resultados poderão fomentar a adoção de sistemas agrossilvipastoris por agricultores da região, contribuindo para a construção de agroecossistemas mais resilientes, produtivos e ambientalmente equilibrados.

Em síntese, o desenvolvimento deste estudo tem o potencial de gerar contribuições relevantes para a comunidade científica, para os formuladores de

políticas e para os agentes do setor produtivo, destacando a ciclagem de nutrientes como um pilar essencial na consolidação da sustentabilidade em sistemas de produção integrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, N. S.; Martinez, Y. P.; Veiga, A. K. C.; Batista, A. H.; Santos, W. O.; Martins, A. G.; Wendling, B.; Pereira, M. G. Manejo do solo para a sustentabilidade de sistemas integrados de produção agropecuária. In: Martins, A. G.; Batista, A. H.; Wendling, B. (Orgs.). *Manejo do solo em sistemas integrados de produção*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2022. p. 80–95. Digital Online. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/363368647_Manejo_do_solo_para_a_sustentabilidade_de_sistemas_integrados_de_producao_agropecuaria>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Andrade, F. A. S. Ecofisiologia de cultivares de abóbora submetidas a dois manejos de solo. Dissertação (Mestrado em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Redenção, CE, 2020. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2044/1/FRANCISCA%20ALINE%20DA%20SILVA%20ANDRADE%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Abreu, M. F.; Silva, M. A. S.; Oliveira, R. P.; Santos, J. D. Mudanças de uso da terra e emissão de gases de efeito estufa: uma explanação sobre os principais drivers de emissão. *Ciência Animal Brasileira*, v. 25, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-77646P>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Almeida, A. de; Coelho, L. R.; Devede, A. C. P. Sistemas agroecológicos de produção de frutíferas. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2016. 177 p. Digital Online. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/335870352_SISTEMA_AGROECOLOGICO_O_DE_PRODUCAO_DE_FRUTIFERAS>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Abadias, I. M.; Fonseca, P. R.B.; Barbosa, C. H. Manejo da pecuária: uma análise sobre impactos ambientais. *Revista EDUCAmazônia -Educação Sociedade e Meio Ambiente*, Humaitá, LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/EDUA –ISSN 1983-3423 – Imprensa–ISSN 2318 –8766 –CDROOM –ISSN 2358-1468. 2020. Digital Online. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/7669>>. Acesso em: 04 de abril de 2025.

Antunes, A. M.; Antunes, B. G. B.; Endo, E. A. M.; Barros, A. P.; Amaral, A. M.; Carmo, W. N.; Valente, B. S. F.; Silva, A. M. B.; Santos, R. S. S.; Pacheco, A. B. Os sistemas agrossilvipastoris representam uma estratégia promissora para a conservação do solo e a promoção da sustentabilidade agrícola. *Cadernos de Pesquisa*, v. 22, n. 6, p. 1–15, 2025. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.54033/cadpedv22n6-014>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Ayres. DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DE VIDEIRAS DAS CULTIVARES MOSCATO BRANCO E BORDÔ NO MUNICÍPIO DE FARROUPILHA (RS). 2022. Digital Online. Disponível em: <<https://search.proquest.com/openview/e43df3f48bb6fa23a1565eef09c7e1f8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>>. Acesso em: 13 maio. 2025.

Barros, M. M. Percepção de produtores de leite diante do Plano para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2020. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1242>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Bettiol, W. et al. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 788 p. Digital Online. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/587101479.pdf#page=17>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Bulegon, E. Q. Elementos das práticas dos agricultores de Erval Seco/RS e região: um estudo exploratório. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, RS, 2024. Digital Online. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/33616>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Barbosa, M. do C. R. Análise da qualidade ambiental dos remanescentes de Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, Três Lagoas - MS. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas, 2024. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/231879>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Bravo-Peña, F.; TORO-LETELIER, J. J.; ALVIAL CABRERA, N.; HARGREAVES MÉNDEZ, M.; ALFARO ROJAS, C. Pecuária regenerativa: definição, caracterização e recomendações de políticas. Santiago: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2024. (Documentos de Projetos, n. 81357). Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.cepal.org/bitstreams/1ba3286d-0e6e-4639-9e49-89de108b1c39/download>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Buchala, P. H. M. O potencial da agricultura regenerativa para produção de cana-de-açúcar. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável) – Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade (ESCAS/IPÊ), São Paulo, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://www.escas.org.br/wp-content/uploads/2023/12/O-POTENCIAL-DA-AGRICULTURA-REGENERATIVA-PARA-PRODUCAO-DE-CANA-DE-ACUCAR.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Costa, A. L.; Ferri, A. G.; Trugilho, G. A.; Rangel, O. J. P.; Vieira, R. C.; Souza, M. N. Contribuições da cultura da banana em Sistemas Agroflorestais no Espírito Santo. In: Souza, M. N. (Org.). *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. v. 8. Mérida Publishers, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-23-7.c7>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Cherubin, M. R.; Maia, S. M. F.; Damian, J. M.; Cerri, C. E. P. Matéria orgânica do solo em áreas de pastagens no Brasil. In: Bettiol, W. (Org.). *Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical*. Brasília, DF: Embrapa, 2023. p. 601–625. Digital Online. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/370068233_Materia_organica_do_solo_e_m_areas_de_pastagens_no_Brasil>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Cabral, A. S. R. Análise suporte para política pública na agropecuária dentro da política dos gases de efeito estufa no estado do Amapá. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável, Macapá, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/ppgdas/files/2025/03/ANDERSON-STEILLER-RODRIGUES-CABRAL.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Campos, M. F.; Sena, W. L.; Silva, A. L. P.; Medeiros, J. G. S.; Sales, T. M.; Meireles, V. M.; Cantuária, P. C.; Lélis, A. T.; Santos, N. B.; Silva, O. M. C.; Viana, J. S. Estado da arte do sistema integração lavoura pecuária floresta na Região Amazônica. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 13, p. e11874, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11874>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Carias, F. P. S. Convencional, orgânico ou agroecológico: que produto é esse? Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, 2021. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2620>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). TOCANTINS – Produção de grãos na safra 2021/22 tende a superar 5,5 milhões de toneladas no estado. Conab, dez. 2021. Digital Online. Disponível em: <<https://antigo.conab.gov.br/ultimas-noticias/4432-tocantins-producao-de-graos-na-safra-2021-22-tende-a-superar-5-5-milhoes-de-toneladas-no-estado>>. Acesso em 27 mai. 2025.

Crespo, A. M.; Souza, M. N.; Silva, M. A. B. da. Ciclo do carbono (C) e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícola: revisão de literatura. *Incaper em Revista*, Vitória, v. 13, p. 6–19, dez. 2023. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.54682/ier.v.13e14.p06.19>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Acompanhamento da safra brasileira: grãos – 6º levantamento, safra 2024/25. Brasília: Conab, mar. 2025. Digital Online. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Tecnologia Antecipe aumenta produtividade do milho segunda safra no Tocantins. Agência Embrapa de Notícias, 17 dez. 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-noticias-embrapa/busca-de-noticias/-/noticia/96459570/tecnologia-antecipe-aumenta-produtividade-do-milho-segunda-safra-no-tocantins>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Figueiredo, Marcelo Machado de. O impacto dos princípios ambientais, sociais e governamentais na realização do direito fundamental à habitação e na promoção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado: um estudo de caso da BSPAR Incorporações. 2024. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Direito) – Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2024. Disponível em: <<https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1715>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Finkler, M. Agroflorestas no contexto do sistema agrário colonial na região do Vale do Rio Pardo - RS. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/3820/1/Mateus%20Finkler.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Filho, J. A. M.; Silva, M. A. S.; Oliveira, R. P.; Santos, J. D. Consórcio milho-braquiária: uma alternativa sustentável para a produção agropecuária. *Revista Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 9, n. 1, p. 1–15, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.61164/rnm.v9i1.2910>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Gomes, E.; Aranha, A. C. R.; Vieira, B. R. D. R.; Oliveira, C. C.; Molinari, D.; Mogollon, E. B.; Modesto, F. F. S.; Costa, J. C. M.; Setubal, J. L. S.; Silva, L. S.; Sucari, P. J. J.; Alves, T. S. G.; Mamani, Y. M. T. O impacto da agricultura sustentável na qualidade e segurança dos alimentos. In: *Agricultura Sustentável: Desafios e Perspectivas*. Atena Editora, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.22533/at.ed.046112422101>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Greco, T. M. Culturas anuais e de cobertura na safrinha em sucessão à soja em plantio direto: fitomassa, ciclagem de nutrientes e produtividade de grãos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis, Rondonópolis, 2020. Digital Online. Disponível em: <<https://ufr.edu.br/pqeagri/wp-content/uploads/2021/02/Dissertacao-Tassia-Maira-Greco.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Gomes, R. A. Inspeção visual automática de grãos agrícolas: demandas, potenciais aplicações e desafios para transferência de tecnologia no setor agrícola. 2024. Tese (Doutorado em Informática e Gestão do Conhecimento) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2024. Disponível em: <<http://bibliotecade.uninove.br/handle/tede/3598>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Kazmierczak, M. L. Vulnerabilidade da Mesorregião Oriental do Tocantins a eventos de secas. Tese (Doutorado em Desastres Naturais) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, 2023. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstreams/ca6e9352-e2f1-4610-9b08-ae562c623711/download>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Kerkhoff, M. Corretivos da acidez do solo aplicados em superfície no sistema soja-milho. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4514>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Lima Filho, O. F. de; Ambrosano, E. J.; Wutke, E. B.; Rossi, F.; Carlos, J. A. D. (Orgs.). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 2 v. Digital Online. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/370751437_ADUBACAO-VERDE-VOL02>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Lins et al. Aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. *Interações*, v. 23, n. 4, 2022. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.20435/inter.v23i4.3704>>. Acesso em: 13 maio 2025.

Muhl, A. Sistemas produtivos e seus impactos na qualidade física do solo e produtividade das culturas na região Oeste do Paraná. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Marechal Cândido Rondon, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/7671>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Monteiro, P. F. Integração lavoura-pecuária-floresta. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Monte Carmelo, 2021. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32862>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Moretti, P. I. Análise fisiográfica e do uso do solo em áreas de influência do Refúgio de Vida Silvestre Estadual dos rios Tijuco e da Prata. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, 2021. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/33533>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Navarro, et al. MANEJO DO SOLO PARA O SISTEMA DE CULTIVO DO CAFÉ NO BRASIL. 2021. Digital Online. Disponível em: <https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021D31>. Acesso em: 13 maio. 2025.

Nascimento, F. C. B. do. Os sistemas agroflorestais integrados (SAF's) como alternativas para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar na região do Cariri cearense. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Digital Online. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/70083>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Nascimento, D. B. do; Lopes, M. L. S.; Izidro, J. L. P. S.; Bezerra, R. C. A.; Gois, G. C.; Amaral, T. N. E.; Dias, W. S.; Barros, M. M. L.; Oliveira, A. R. S.; Sobrinho, J. L. F.; Coêlho, J. J. Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. *Ciência Animal Brasileira*, v. 25, e76743, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/vet/article/view/76743>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Nascimento, V. G. S. Caracterização da agricultura camponesa no Povoado Ponto da Nega, município de Grajaú/MA. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, Campus de Grajaú, 2024. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/7417>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Oliveira, M. C. R. Fatores que influenciam no armazenamento de água do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária. Monografia (Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/79082>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Otoni, J. F. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo: um estudo de caso no Sítio Frutão no Vale do Mucuri - MG. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia, Diamantina, 2019. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/4221>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Oliveira, N. A. A influência da cobertura vegetal no conforto térmico urbano em uma região do semiárido Norte Mineiro. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2021. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/38855>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Pereira, M. A. Potencial de uso da cama de frango no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.): uma revisão bibliográfica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) – Instituto Federal do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins, 2024. Digital Online. Disponível em: <https://www.ifto.edu.br/colinas/campus-colinas/ensino/biblioteca/acervo/trabalhos-de-conclusao-de-curso/engenharia-agronomica/2024/tcc_marcelia_versao_final_oficial_1.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Pereira, J. E. S. Evolução das políticas agropecuárias 2000–2020 e a sustentabilidade ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara, 2022. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f8bf4dcc-0ef7-454d-ac7c-8a9b62e17715/content>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Queiroz, L. F. P. O sistema da bioeconomia do açaí no contexto amazônico de Abaetetuba/PA. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Belém, 2024. Digital Online. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/16879/1/Dissertacao_SistemaBioeconomiaAcai.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Rezende, S. N. R. Recuperação de pastagens e sistemas integrados na pecuária: ferramentas para mitigar gases de efeito estufa. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Ciências Médicas e da Vida, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/8239>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Ruthes, B. E. S. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em onze anos de protocolo experimental. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Sustentável) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2019. Digital Online. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4392/5/DV_PPGSIS_M_Ruthes%2c_Barbara_Elis_Santos_2019.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Ribeiro, R. M. Bioindicadores do solo e sua correlação com a produtividade vegetal em função do residual da adubação fosfatada e da inoculação com *Azospirillum brasilense*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/254936>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Santos, G. A. dos; Camargo, F. A. de O. (Org.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 636 p.

Souza, V. S. Diversificação do cultivo de plantas de cobertura e sua influência na ciclagem de nutrientes e produtividade da soja. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2358>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Skorupa, L. A.; Manzatto, C. V. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. Digital Online. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/352487214_Sistemas_de_integracao_lavoura-pecuaria-floresta_no_Brasil_estrategias_regionais_de_transferencia_de_tecnologia_avaliacao_da_adocao_e_de_impactos>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Souza, R. C. de. Fluxos de gases de efeito estufa [GEE] em florestas urbanas de São Paulo, SP: uma análise da contribuição das áreas verdes na resiliência da cidade. Dissertação (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) – Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, 2019. Digital Online. Disponível em: <<http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1995>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Sousa, A. L.; Silva, M. F.; Oliveira, R. T. Análise dos avanços na criação bovina e da agricultura em Porto Nacional - TO. *Revista Contemporânea*, v. 12, n. 3, p. 45–60, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/4978>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Salomão, C. S. C. Sistemas agroflorestais como estratégia para restauração ecológica na Bacia do Rio Doce. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2019. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/33855>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Silva, V. L.; Ferreira, R. B.; Barbosa, L. M. Engenharia agrônômica: produção vegetal entre a teoria e a prática. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade FAMA, 2023. Digital Online. Disponível em: <<https://repositorio.faculadefama.edu.br/xmlui/handle/123456789/162>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Souza, G. D. F. de. Trajetórias de construção da agroecologia: sistemas agroflorestais, cooperação e reciprocidade e resistência em Vacaria, RS. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2021. Digital Online. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/231879>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Trentin, I. C. L.; Pinheiro, J. S. Integração lavoura, pecuária e floresta como ferramenta de preservação, conservação e recuperação dos solos no município de Barros Cassal-RS, Brasil. RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar, v. 4, n. 12, 2023. ISSN 2675-6218. Digital Online. Disponível em: <<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i12.4530>> . Acesso em: 13 abr. 2025.

Tonello, L. M. Percepções de produtores rurais sobre a mudança climática e sua relação com a produção agropecuária. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2024. Digital Online. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34556>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

Teixeira, P. C. et al. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

Teles, N. E. B.; Mota Filho, R. C.; Lima, R. P. Sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 9, n. 1, 2024. Digital Online. Disponível em: <<https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2927/3117>>. Acesso em: 13 abr. 2025.