

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS* BAMBUÍ

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

ANDRÉ LUIS PEDROSA DE CAMPOS

DESENVOLVIMENTO DE FORRAGEIRA NO SISTEMA SILVOPASTORIL

BAMBUÍ – MG

2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias

Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ LUIS PEDROSA DE CAMPOS

DESENVOLVIMENTO DAS FORRAGEIRAS NO SISTEMA SILVIPASTORIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Agrônomo.

Aprovado(a) em 25 de julho de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cássio Roberto Silva Noronha - IFMG *Campus* Bambuí - Orientador(a)

Prof. Dr(a). Dallila de Fátima Ferreira - IFMG *Campus* Bambuí

Bambuí - MG
2025

Bambuí, 16 de maio de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Cassio Roberto Silva Noronha, Professor**, em 28/07/2025, às 07:58, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Dalila de Fátima Ferreira, Professora Visitante**, em 07/08/2025, às 06:52, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Emerson Rodrigues Pimentel, Professor**, em 12/08/2025, às 09:42, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2305896** e o código CRC **5DCFDE8D**.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Bambuí*

C198d Campos, André Luis Pedrosa de.
Desenvolvimento de forrageira no sistema silvopastoril
[manuscrito] / André Luis Pedrosa de Campos. – 2025.

32 f. : il. ; color.

Orientador: Cássio Roberto Silva Noronha.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)
– Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais. *Campus Bambuí*, 2025.

1. Sistema silvopastoril. 2. Forrageiras. 3. Sombreamento. I.
Noronha, Cássio Roberto Silva. II. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus*
Bambuí. III. Título.

CDD 633.2

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022

ANDRÉ LUIS PEDROSA DE CAMPOS

DESENVOLVIMENTO DE FORRAGEIRA NO SISTEMA SILVOPASTORIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientação: Prof. Cássio Roberto Silva Noronha.

BAMBUÍ – MG

2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, que esteve sempre comigo, me provendo forças e não me deixando desistir do meu sonho. Agradeço a toda a minha família, à minha mãe, Luiza Pedrosa, que sempre estiveram junto comigo em minha caminhada me apoiando e me oferecendo o suporte necessário para a realização deste objetivo.

Agradeço também a todos meus amigos, da vida e da faculdade, e aos demais familiares, que me ajudaram o tempo todo, me motivaram, entenderam minha ausência às vezes e que também fizeram parte dessa caminhada.

Meus agradecimentos especiais ao meu professor orientador, Cássio Roberto Silva Noronha, pela paciência, dedicação e pelos valiosos ensinamentos durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para que este projeto se concretizasse e para meu crescimento pessoal e acadêmico.

Agradeço ainda a todos os professores do IFMG – *Campus* Bambuí pelo apoio durante o curso. A sabedoria e ensinamentos de vocês foram fundamentais para todo o conhecimento adquirido.

Valeram a pena os dias de angústia, de cansaço, de tédio e exaustão. Valeram a pena todos os passos pelo caminho traçado. A amizade e o companheirismo de tantos anos ficam, assim como o respeito, boas lembranças e farras jamais serão esquecidas. O tempo não para e a vida precisa continuar. Muito obrigado a cada pessoa que fez parte deste sonho! Vocês serão sempre especiais em minha vida.

RESUMO

O sistema silvopastoril se apresenta como uma alternativa promissora para a intensificação sustentável da pecuária, integrando árvores, forrageiras e animais em uma mesma área produtiva. Este trabalho obteve como objetivo analisar o desenvolvimento de forrageiras sob condições de sombreamento em sistemas silvopastoris, considerando as interações ambientais e estruturais decorrentes da presença de árvores. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica qualitativa e exploratória, fundamentada em estudos científicos publicados entre 2004 e 2024. Foram avaliadas as principais espécies forrageiras utilizadas, seus mecanismos de adaptação ao sombreamento, às vantagens ecológicas e econômicas do sistema e os fatores limitantes para o crescimento e a produtividade das pastagens. Os resultados mostram que níveis moderados de sombra (30–50 %) podem beneficiar a qualidade nutricional e a persistência das forrageiras, desde que sejam adotadas espécies adaptadas e práticas adequadas de manejo. Conclui-se que o sistema silvopastoril promove não apenas ganhos produtivos e econômicos, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental e o bem-estar animal, consolidando-se como uma estratégia viável para a pecuária tropical.

Palavras-chaves: sistema silvopastoril; forrageiras; sombreamento.

ABSTRACT

The silvopastoral system emerges as a promising alternative for the sustainable intensification of livestock, integrating trees, forage species, and animals in the same productive area. This study aimed to analyze the development of forage species under shading conditions in silvopastoral systems, considering the environmental and structural interactions resulting from the presence of trees. For this purpose, a qualitative and exploratory bibliographic review was carried out, based on scientific studies published between 2004 and 2024. The main forage species used, their adaptation mechanisms to shading, the ecological and economic advantages of the system, and the limiting factors for pasture growth and productivity were evaluated. The results show that moderate shading levels (30–50%) can benefit the nutritional quality and persistence of forage species, provided that adapted cultivars and proper management practices are adopted. It is concluded that the silvopastoral system not only promotes productive and economic gains but also contributes to environmental sustainability and animal welfare, establishing itself as a viable strategy for tropical livestock farming.

Keywords: silvopastoral system; forages; shading.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.....	11
Figura 2 - Sistema Agrosilvopastoril.....	12

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Árv. - árvore

FA - acúmulo de forragem

GHA - ganho de peso por área

ha - hectare

ILPF - integração lavoura-pecuária-floresta

Kg – quilograma

MS – matéria seca

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Conceito e importância do sistema silvopastoril	11
3.2 Forrageiras utilizadas em sistemas integrados	13
3.3 Vantagens ecológicas do sistema silvopastoril	14
3.4 Desenvolvimento das forrageiras no sistema silvopastoril.....	15
3.4.1 Estabelecimento das forrageiras: fatores limitantes e estratégias.....	15
3.4.2 Crescimento e produção de biomassa	17
3.4.3 Efeitos ocasionados pelo sombreamento: crescimento e qualidade	18
3.4.4 Desempenho das forrageiras em diferentes arranjos florestais	20
4 METODOLOGIA.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Síntese da produção de biomassa	24
5.2 Influência do espaçamento e densidade de árvores	24
5.3 Qualidade nutricional sob sombreamento	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
7 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por sustentabilidade na agropecuária tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas integrados de produção, entre eles o sistema silvopastoril.

Esse modelo combina o cultivo de árvores com a produção de pastagens e a criação de animais em uma mesma área, promovendo sinergias entre os componentes e maximizando o uso da terra. Além de seus benefícios ecológicos, esse sistema tem se destacado como alternativa viável para a intensificação sustentável da pecuária, sobretudo em regiões com histórico de degradação de pastagens.

No centro desse sistema produtivo está o componente forrageiro, essencial para garantir a alimentação do rebanho e a produtividade do sistema como um todo. As forrageiras¹, principalmente gramíneas tropicais, desempenham papel fundamental ao converter a energia solar em biomassa e, conseqüentemente, em proteína animal. No entanto, o desenvolvimento dessas plantas é influenciado diretamente pelas condições do ambiente, especialmente pela presença de árvores, que modificam a luminosidade, a disponibilidade hídrica e a dinâmica dos nutrientes no solo.

Nesse contexto, o sombreamento provocado pelas árvores pode representar tanto um fator limitante quanto um potencial estimulador para o desenvolvimento das forrageiras, dependendo da espécie utilizada e do arranjo adotado no sistema. Espécies forrageiras adaptadas ao sombreamento podem apresentar boa produtividade e melhor qualidade nutricional sob essas condições, enquanto as que não são adaptadas a tais condições mostram-se como infrutíferas. Por isso, compreender o comportamento das forrageiras em ambientes silvopastoris é essencial para orientar escolhas técnicas mais eficientes.

Além dos fatores ambientais, aspectos como o manejo do pastejo, a escolha das espécies arbóreas e o planejamento do espaçamento entre linhas de árvores também interferem diretamente no desempenho das forrageiras. O sucesso do sistema silvopastoril depende de uma abordagem sistêmica que considere as interações entre os componentes vegetais e animais.

Embora a pesquisa nesse campo tenha avançado, ainda há lacunas quanto ao comportamento específico de diferentes forrageiras sob condições variadas de

¹ Termo usado para plantas cultivadas com o objetivo de alimentar animais, tanto para pastoreio direto quanto para corte e fornecimento em cochos. Essas plantas, que podem ser gramíneas ou leguminosas, são essenciais para a produção pecuária, fornecendo nutrientes e auxiliando na manutenção da saúde do solo.

sombreamento e competição. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento das forrageiras no sistema silvopastoril, considerando os principais fatores que influenciam sua produtividade e qualidade. Busca-se, assim, oferecer subsídios técnicos e científicos que contribuam para a adoção mais eficiente desse modelo de produção sustentável, promovendo uma pecuária mais resiliente, diversificada e ambientalmente adequada.

Tal questão justifica-se devido ao fato de o Brasil possuir vastas extensões de pastagens naturais e cultivadas, mas numa parcela significativa tem-se o processo de degradação, comprometendo a produtividade pecuária e a sustentabilidade ambiental.

Nesse cenário, o sistema silvopastoril surge como uma estratégia inovadora para recuperar áreas degradadas, aumentar a eficiência da produção animal e conservar os recursos naturais. O sucesso dessa abordagem depende diretamente do desempenho das forrageiras em ambientes onde há interferência de árvores.

Assim, a justificativa basilar para este estudo está fundamentada na necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o desenvolvimento de forrageiras sob condições de sombreamento, competição por recursos e alterações microclimáticas impostas pelo componente arbóreo. A carência de informações específicas sobre como diferentes espécies forrageiras se comportam nesses ambientes dificulta a recomendação técnica adequada e a ampliação do uso efetivo dos sistemas silvopastoris.

Além disso, a adoção de práticas sustentáveis no campo está diretamente relacionada à segurança alimentar, ao bem-estar animal e à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Portanto, compreender os mecanismos de adaptação e crescimento das forrageiras nesses sistemas integrados é essencial para garantir produtividade, equilíbrio ecológico e retorno econômico para o produtor rural.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o desenvolvimento de espécies forrageiras em sistemas silvopastoris, considerando a interferência dos fatores ambientais e estruturais decorrentes da presença de árvores.

2.2 Objetivos específicos

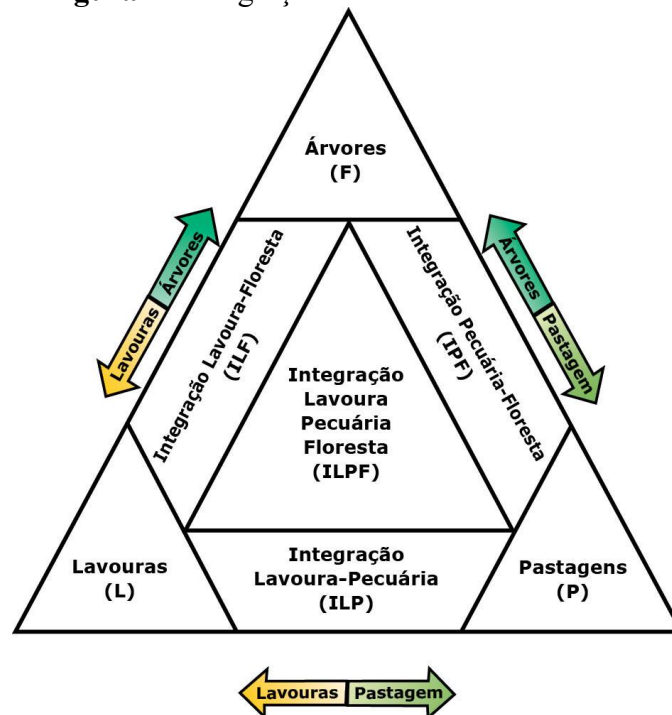
- Avaliar o crescimento e produção de biomassa das forrageiras em diferentes níveis de sombreamento;
- Comparar o desempenho de diferentes espécies forrageiras em arranjos silvopastoris distintos;
- Discorrer sobre a qualidade das forrageiras;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conceito e importância do sistema silvopastoril

O sistema silvopastoril é uma modalidade de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) que associa, na mesma área, o cultivo de árvores, a criação de animais e a produção de pastagens, promovendo o uso sustentável do solo e dos recursos naturais (Figura 1). Essa abordagem se destaca como alternativa eficiente para enfrentar os desafios da degradação ambiental e da baixa produtividade vista em sistemas convencionais (VALLE *et al.*, 2014).

Figura 1 - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta



Fonte: SILVA, (2020).

A integração entre esses componentes gera benefícios como o sombreamento para os animais, melhoria na qualidade do solo e aumento da biodiversidade (MACEDO, 2009).

A multifuncionalidade do sistema silvopastoril permite não apenas a diversificação da produção, mas também contribui para a resiliência da atividade agropecuária frente às mudanças climáticas. Além disso, é notado que áreas manejadas

com árvores apresentam maior capacidade de sequestro de carbono e controle da erosão, quando comparado àquelas que não as tem (KAY *et al.*, 2019).

A integração equilibrada entre os componentes do sistema exige planejamento técnico e conhecimento sobre as interações biológicas e ecológicas envolvidas. A adoção do sistema silvopastoril no Brasil tem sido incentivada como uma estratégia viável para promover a recuperação de pastagens degradadas, que atualmente representam cerca de 50% das áreas de pasto no país (DIAS-FILHO, 2011).

Essa abordagem possibilita uma utilização mais eficiente dos recursos naturais, ao mesmo tempo em que aumenta a longevidade produtiva do solo, diminuindo a necessidade de abertura de novas áreas para pastagem, o que contribui para a redução do desmatamento (MORAES *et al.*, 2014).

Do ponto de vista da sustentabilidade, o sistema silvopastoril melhora a ciclagem de nutrientes e a infiltração de água no solo, além de favorecer o microclima por meio da redução da amplitude térmica e da evapotranspiração (ANDRADE *et al.*, 2005).

Figura 2 - Sistema Agrosilvopastoril



Fonte: ANDRADE (2005).

Denota-se que esses efeitos são especialmente importantes em regiões de clima tropical, onde a degradação do solo e a escassez hídrica comprometem a produtividade

pecuária. Nesse caso, nota-se que a presença das árvores melhora o teor de matéria orgânica do solo, essencial para a fertilidade em longo prazo (MARTINS *et al.*, 2016).

Outra vantagem da técnica é o aumento da biodiversidade nas áreas cultivadas, uma vez que os sistemas silvopastoris criam nichos ecológicos diversos que abrigam uma gama maior de espécies vegetais e animais em comparação com os sistemas convencionais (BEZERRA *et al.*, 2010).

Essa diversidade pode funcionar como um regulador ecológico, ajudando no controle biológico de pragas e doenças, o que reduz a dependência de insumos químicos.

3.2 Forrageiras utilizadas em sistemas integrados

As forrageiras possuem variações quanto à tolerância ao sombreamento, crescimento radicular e capacidade de rebrota, o que deve ser considerado em cada arranjo de plantio. A escolha das espécies forrageiras é determinante para o sucesso do sistema silvopastoril, especialmente por sua adaptação às condições de sombreamento geradas pelo dossel arbóreo. Dentre as mais utilizadas estão as gramíneas tropicais como *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens*, conhecidas por sua alta produção de biomassa e valor nutritivo (EUCLIDES *et al.*, 2010).

Além das mencionadas, as leguminosas forrageiras, como *Stylosanthes spp.*, *Arachis pintoi* e *Leucaena leucocephala*, também têm ganhado destaque por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e melhorar a qualidade da dieta animal. Com isso, foi observado que a sua inclusão no sistema pode reduzir a dependência de fertilizantes químicos e aumentar a sustentabilidade da produção (ANDRADE *et al.*, 2005).

A tolerância ao sombreamento é uma característica essencial para o sucesso de forrageiras em sistemas silvopastoris. Espécies como *Panicum maximum* cv. ‘Mombaça’ e *Brachiaria humidicola* demonstram boa adaptação em condições de luminosidade reduzida, embora apresentem diferenças quanto ao acúmulo de biomassa e teor de proteína bruta sob essas condições (CASTRO *et al.*, 2010).

Outro aspecto relevante é a persistência das forrageiras em ambientes onde há competição por água e nutrientes com as espécies arbóreas. Nesse caso, a literatura demonstra que gramíneas de sistema radicular mais profundo, como a *Brachiaria brizantha*, apresentam melhor desempenho em solos de baixa fertilidade ou em períodos de déficit hídrico, no caso, são recomendadas para regiões com clima tropical seco

(GOMES *et al.*, 2012). Além disso, o manejo da adubação e da densidade animal precisa ser ajustado para garantir a longevidade e o vigor das pastagens.

As leguminosas forrageiras têm papel estratégico na diversificação do sistema e na melhoria da dieta animal. Espécies como *Cajanus cajan* (guandu) e *Leucaena leucocephala* se destacam por sua alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio, além de apresentarem elevados teores de proteína bruta e palatabilidade (FAGUNDES *et al.*, 2005). Essas forrageiras ao serem manejadas, junto às leguminosas, contribuem para a sustentabilidade do sistema, reduzindo custos com fertilizantes e melhorando a composição da forragem oferecida aos animais.

Destarte, a escolha adequada do tipo de forrageiras deve levar em consideração o índice de área foliar, a arquitetura das folhas e a eficiência na interceptação de luz; já que são fatores que influenciam diretamente a fotossíntese e a produtividade local.

3.3 Vantagens ecológicas do sistema silvopastoril

Dentre os benefícios ecológicos do sistema silvopastoril estão a proteção do solo, a melhoria da infiltração de água, o aumento da matéria orgânica e o controle da temperatura do ambiente (FERREIRA *et al.*, 2015). Além disso, a arborização das pastagens proporciona conforto térmico aos animais, reduzindo o estresse térmico e favorecendo o ganho de peso (CARVALHO *et al.*, 2010).

Outro aspecto é a diversificação das fontes de renda é um fator atrativo para os produtores. A produção simultânea de madeira, carne e forragem permite mitigar os riscos financeiros associados à monocultura ao mesmo tempo em que aumenta a estabilidade da renda (NUNES *et al.*, 2017).

O sistema, no entanto, exige maior planejamento e investimento inicial, o que pode ser um fator limitante para sua adoção em larga escala. A arborização das pastagens proporciona alterações microclimáticas que resultam em benefícios fisiológicos para os animais, que denotam principalmente num estresse térmico reduzido e aumento do tempo de pastejo durante o dia. Isso porque em ambientes sombreados, a temperatura corporal dos bovinos obtém a tendência de ser mais estável, melhorando o conforto térmico e, por consequência, o desempenho zootécnico (FIALHO *et al.*, 2011).

Além disso, os sistemas silvopastoris promovem significativa redução na erosão hídrica superficial, pois a cobertura vegetal permanente e a presença de raízes profundas das árvores contribuem para a estabilidade da estrutura do solo (FERRAZ *et al.*, 2014).

Ademais, o aumento da matéria orgânica e da porosidade favorece a infiltração da água, reduz o escoamento superficial e amplia a capacidade de retenção hídrica; que são características fundamentais em regiões sujeitas a períodos de estiagem.

O acúmulo de carbono em sistemas silvopastoris é outro ponto de destaque da técnica. A presença de árvores permite o sequestro de carbono tanto na biomassa aérea quanto na rizosfera, contribuindo com metas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário (ALMEIDA *et al.*, 2015). Estudo como o de Oliveira *et al.* (2017) corroboram com a ideia ao pontuar que sistemas integrados com árvores podem sequestrar até 12 toneladas de CO₂ por hectare por ano; um valor superior àquele observado em pastagens convencionais degradadas.

A diversificação das fontes de renda torna o sistema resiliente a oscilações de mercado. A produção de madeira, forragem e carne permite uma distribuição temporal das entradas financeiras, o que melhora o fluxo de caixa do produtor e reduz o risco de perdas totais em caso de frustrações sazonais (NUNES *et al.*, 2017).

Com base no que foram evidenciados, em longo prazo, os sistemas silvopastoris tendem a ser mais lucrativos, principalmente quando são considerados os custos ambientais e sociais associados à degradação de sistemas convencionais. Os ganhos indiretos, como a melhoria da fertilidade do solo, o controle biológico de pragas e a preservação da biodiversidade, também representam uma economia para o produtor, que passa a necessitar cada vez menos de insumos externos, o que faz o sistema silvopastoril ser uma alternativa viável técnica, ambiental e economicamente (MACEDO, 2009).

3.4 Desenvolvimento das forrageiras no sistema silvopastoril

3.4.1 Estabelecimento das forrageiras: fatores limitantes e estratégias

Dentre os aspectos que compõem a construção de forrageiras, a seleção de espécies adaptadas ao microclima sombreado é a primeira condição para o sucesso do sistema. Gramíneas C₄ de porte ereto, como *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, mostram ajustes fotossintéticos eficientes em sombra moderada, enquanto leguminosas herbáceas tolerantes, como o amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*), elevam o aporte de N no solo (ANJOS; CHAVES, 2021).

Além de uma escolha assertiva, fatores operacionais complementam essa escolha, assim, o preparo antecipado do solo, o controle de plantas daninhas antes de o

sombreamento se intensificar e orientação leste-oeste dos renques arbóreos, passam a ser favoráveis. Espaçamentos de 10 a 50 m entre renques, com 1,5 m entre árvores, asseguram distribuição luminosa mais homogênea e facilitam o estabelecimento das plântulas (ELEVAGRO, 2023). Além disso, o uso de sementes com alto vigor, aliado à coinoculação de bactérias promotoras de crescimento (*Azospirillum* sp. e *Herbaspirillum* sp.), acelera a emissão de raízes, eleva a atividade fotossintética e garante melhor emergência sob sombreamento inicial (THIENGO *et al.*, 2023).

A aplicação de cobertura morta logo após a semeadura — sobretudo palha de *Brachiaria ruziziensis* ou restos culturais de culturas antecessoras — reduzem a temperatura do solo, conserva umidade e mitiga oscilações térmicas que comprometem a germinação (MOURA *et al.*, 2017; COBUCCI; PORTELA, 2003).

A correção prévia da acidez (até V% \approx 60), é outro fator importante, juntamente com a adubação fosfatada de implantação (50–100 kg P₂O₅ ha⁻¹), que tem papel decisivo para o sucesso do *stand*, pois o fósforo presente estimula o perfilhamento e a expansão radicular (PACHECO, 2019; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2024).

Ganadero (2024) ainda especificou que sincronizar a semeadura das forrageiras com a poda de formação das árvores aumenta em até 35 % a irradiância na entrelinha durante os primeiros 60 dias, favorecendo a fotossíntese e o acúmulo de matéria seca no início do ciclo.

Em solos já consolidados, o plantio direto com semeadura na palhada de milho ou de outras culturas, como milheto, aveia-preta, crotalária ou feijão-guandu, contribui para a manutenção da estrutura física do solo e para a redução dos custos operacionais. Ademais, quando a braquiária é introduzida no estágio V5 do milho há incremento da cobertura do solo sem comprometer a produtividade de grãos, proporcionando ainda maior aporte de palhada para o sistema (BERNARDES, 2003; KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

3.4.2 Crescimento e produção de biomassa

O sombreamento moderado (40–60 %) reduz a taxa absoluta de acúmulo de matéria seca, contudo, aumenta a concentração de proteína bruta e de nitrogênio não

proteico nas folhas, elevando o valor nutritivo da pastagem (CASTRO *et al.*, 1999; CASTRO *et al.*, 2009).

Em condições de campo, observa-se que, a uma distância de aproximadamente 9 a 10 m do renque arbóreo, a espécie *Urochloa decumbens* apresenta sua maior densidade de perfilhos, maior produção de massa e maior taxa de acúmulo de forragem. Isso demonstra que a disponibilidade e a distribuição da luz, moduladas pela presença das árvores, exercem papel determinante na produtividade da pastagem (PACIULLO *et al.*, 2011).

No consórcio *B. brizantha* cv. Marandu + eucalipto, arranjos (3 × 3) +10 m mantiveram produção acima de 4 t ha⁻¹ de matéria seca, enquanto o espaçamento 10 × 3 m comprometeu o acúmulo de biomassa (GOMES *et al.*, 2007).

A qualidade da biomassa forrageira também está associada à distribuição sazonal da produção. Em sistemas silvopastoris, a atenuação da radiação solar reduz a evapotranspiração e modera a temperatura do solo, permitindo maior persistência da forragem durante a estação seca, quando comparado aos sistemas convencionais (PACIULLO *et al.*, 2009). Isso resulta em uma produção mais estável ao longo do ano, diminuindo a necessidade de suplementação alimentar em períodos críticos (SOUZA *et al.*, 2020).

Além disso, o acúmulo de biomassa está intimamente relacionado com a eficiência no uso da luz e dos nutrientes. Plantas sob sombreamento leve a moderado tendem a apresentar maior razão folha/colmo, o que favorece a digestibilidade da forragem e o desempenho animal (CASTRO *et al.*, 2009).

Em contrapartida, sombreamentos excessivos promovem a senescência precoce de folhas inferiores, impactando negativamente a produtividade, motivo pelo qual o manejo do dossel arbóreo é crucial para aperfeiçoar a luz incidente no sub-bosque (PACIULLO *et al.*, 2011).

3.4.3 Efeitos ocasionados pelo sombreamento: crescimento e qualidade

Como visto o sombreamento denota numa série de situações, inclusive no que tange a sua incidência sobre crescimento e qualidade. Pode ser encontrado na literatura

que sombreamentos acima de 50 % reduzem crescimento, mas elevam digestibilidade *in vitro* e proteína bruta, pois temperaturas foliares mais baixas limitam a lignificação² (PACIULLO *et al.*, 2011; ELEVAGRO, 2023).

Ensaio recentes mostram que, com 25–45 % de sombra e 100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, o capim-Marandu mantém alta qualidade sem queda de digestibilidade (ASSUNÇÃO, 2020).

A atenuação da radiação incidente em até 40 % reduz a temperatura foliar de *Brachiaria* spp. em 2–4 °C e mantém a taxa fotossintética em valores comparáveis aos de pleno sol, graças à maior eficiência de uso da luz e à preservação da atividade da Rubisco³ durante as horas mais quentes do dia (SANTOS NETO *et al.*, 2023; DIAS *et al.*, 2021).

Quando combinada com adubação nitrogenada moderada (100–200 kg N ha⁻¹ ano⁻¹), a sombra de 30 % amplia a eficiência de uso de N em até 18 %, porquanto o menor déficit hídrico reduz a volatilização de NH₃ e favorece a incorporação do nutriente na biomassa, efeito confirmado para cultivares de *Megathyrsus maximus* submetidas a diferentes doses de N (LOPES *et al.*, 2024).

Os ajustes morfofisiológicos induzidos pela sombra — maior razão folha/colmo e incremento de clorofilas a + b — repercutem na composição de carboidratos: o teor de açúcares solúveis aumenta até 22 % sob 35 % de sombreamento, elevando a palatabilidade e a ingestão voluntária pelos ruminantes (DIAS *et al.*, 2021; SANTOS NETO *et al.*, 2023).

Além dos ganhos nutricionais, o microclima mais ameno proporcionado pelas árvores reduz a carga térmica sobre os animais; estudos mostram que bovinos terminados em sistemas silvipastoris ganham 0,10 kg dia⁻¹ a mais de peso vivo quando a intensidade de sombra se mantém abaixo de 50 %, reflexo do maior tempo de pastejo e menor estresse calórico (EDWARDS-CALLAWAY *et al.*, 2021).

A alteração do ambiente luminoso também influencia a dinâmica de pragas: áreas com sombreamento moderado registram menor incidência de cigarrinha-das-pastagens (*Mahanarva* spp.), reduzindo as perdas de matéria seca em até 15 % em comparação a pastos a pleno sol (CONGIO *et al.*, 2020).

² Fenômeno no qual ocorre a deposição de lignina e outras substâncias nas paredes celulares de certos vegetais, dando aos tecidos a consistência de madeira; lenhificação.

³ Rubisco (Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase) é a principal enzima responsável pela fixação de carbono no ciclo de Calvin, fundamental para a fotossíntese. Portanto, “atividade da Rubisco” significa a capacidade dessa enzima de funcionar de forma eficiente.

Por fim, avanços em sensoriamento remoto permitem quantificar esses efeitos em escala de paisagem; modelos de aprendizado de máquina calibrados com imagens Sentinel-2 estimam biomassa, proteína bruta e fibra com erro < 10 % em pastagens sombreadas, oferecendo suporte à gestão de cortes, adubações e podas seletivas (FERNANDES *et al.*, 2024).

Considerando os efeitos fisiológicos e produtivos já discutidos, a análise comparativa das principais espécies forrageiras sob diferentes níveis de sombreamento auxilia na escolha adequada para cada sistema silvopastoril. O Quadro 1 sintetiza dados de produtividade, qualidade nutricional e características adaptativas das espécies mais utilizadas, fornecendo uma visão prática para subsidiar decisões técnicas.

Quadro 1 - Comparativo – Espécies Forrageiras sob Diferentes Níveis de Sombreamento

Espécie Forrageira	Nível de Sombreamento (%)	Produção de Biomassa	Qualidade Nutricional	Observações Relevantes
Brachiaria brizantha cv. Marandu	25–45	Mantida ou ligeiramente reduzida	↑ Proteína bruta, ↑ digestibilidade	Boa adaptação, ideal com adubação N moderada (100 kg/ha/ano)
Urochloa decumbens	30–50	Estável até 40%; redução >50%	↑ Relação folha/colmo, ↑ palatabilidade	Persistência elevada e melhor desempenho na seca
Panicum maximum cv. Mombaça	30–40	Leve redução	↑ Eficiência no uso de luz	Sombra de 30% aumenta a eficiência de N em 18%
Brachiaria humidicola	40–50	Reduzida em altas densidades	↑ Teor de açúcares solúveis	Indicada para áreas com menor luminosidade

Arachis pinto	30–50	Estável	↑ Proteína bruta	Contribui com fixação biológica de N, melhora a dieta animal
---------------	-------	---------	------------------	--

Fonte: Andrade *et al.* (2005); Paciullo *et al.* (2011); Assunção (2020); Santos Neto *et al.*, (2023); Lopes *et al.* (2024)

Dessa forma, observa-se que as espécies forrageiras apresentam respostas diferenciadas ao sombreamento, variando quanto à produção de biomassa e qualidade nutricional. Enquanto gramíneas como *Brachiaria brizantha* e *Urochloa decumbens* mantêm boa produtividade em níveis moderados de sombra, leguminosas como o *Arachis pinto* contribuem para o enriquecimento proteico e a ciclagem de nutrientes.

Os resultados mencionados reforçam a importância de ajustar a escolha das forrageiras às condições específicas de luminosidade e manejo, preparando o caminho para a análise dos efeitos dos diferentes arranjos florestais sobre o desempenho dessas espécies.

3.4.4 Desempenho das forrageiras em diferentes arranjos florestais

Em sistemas agrossilvopastoris com eucalipto, *B. brizantha* produziu mais biomassa na entrelinha em todos os delineamentos, evidenciando a vantagem dos espaços que permitem maior luz difusa (GOMES *et al.*, 2007).

O arranjo (3 × 4) +7 m gerou a maior disponibilidade de matéria seca sem comprometer qualidade, demonstrando que ajustes no espaçamento podem favorecer produção de madeira e pastagem simultaneamente (GOMES *et al.*, 2007).

Benefícios máximos ocorrem quando a transmissão de luz fica entre 40–60 %, faixa obtida tipicamente a 7–10 m do renque; distâncias menores reduzem acúmulo de MS e maiores perdem o amortecimento microclimático (PACIULLO *et al.*, 2011; CASTRO *et al.*, 1999).

Meta-análise com 120 comparações indicou que arranjos com espaçamento superior a 28 m entre renques e densidade < 100 árv. ha⁻¹ preservam o acúmulo de forragem (FA) e elevam o ganho de peso por área (GHA) em até 12 % frente a pastagens

plenas, enquanto densidades > 300 árv. ha⁻¹ reduzem ambos os indicadores (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Ensaio de campo em Minas Gerais, utilizando *Urochloa decumbens* sob três arranjos de eucalipto, mostraram que o sombreamento de 46 % (duas linhas duplas, 20 m entre blocos) diminuiu a produção de matéria seca em 58 %, mas aumentou o teor de proteína bruta para 117 g kg⁻¹; já a sombra ≤ 35 % (linhas simples, 9 m) gerou menor perda de biomassa e manteve a qualidade (SANTOS *et al.*, 2023).

Recomenda-se, portanto, distância > 20 m entre renques ou manejos de desbaste para evitar quedas acentuadas de produção. Estudos com integração de leguminosas arbóreas (sabiá *Mimosa caesalpinifolia* e gliricídia *Gliricidia sepium*) demonstraram que, a 2–5 m das árvores, o teor de N na liteira subiu 18 % e a proteína bruta do capim-signal apresentou acréscimo de 12 %, embora a massa de forragem fosse inferior à registrada entre 10–15 m, faixa considerada ótima para conciliar aporte de N e produtividade (RIBEIRO *et al.*, 2024).

4 METODOLOGIA

Este trabalho adota como abordagem metodológica a revisão bibliográfica, a qual consiste na análise crítica e sistematizada de publicações acadêmicas relevantes sobre o tema “Desenvolvimento das Forrageiras no Sistema silvopastoril”. A revisão bibliográfica é uma estratégia adequada para consolidar conhecimentos já estabelecidos, identificar lacunas científicas e fundamentar teoricamente estudos aplicados (GIL, 2010).

Por meio dessa técnica, é possível reunir, confrontar e interpretar informações oriundas de diferentes fontes confiáveis, como artigos científicos, livros, dissertações e publicações institucionais.

A seleção das fontes foi realizada por meio de buscas em bases de dados reconhecidas, como Scielo, Google Acadêmico, CAPES Periódicos e repositórios institucionais da Embrapa e universidades federais. Os critérios de inclusão abrangeram publicações entre os anos de 2004 a 2024, priorizando estudos com rigor metodológico, dados experimentais validados e aderência ao tema proposto (LAKATOS; MARCONI, 2003).

A metodologia da revisão foi orientada pelas diretrizes da pesquisa qualitativa com caráter exploratório, buscando compreender as interações entre os componentes do sistema silvopastoril e o comportamento das forrageiras em diferentes condições ambientais. De acordo com Severino (2007), esse tipo de abordagem é adequado quando o objetivo é aprofundar o entendimento sobre fenômenos complexos e multidimensionais, como ocorre na relação entre árvores, pastagens e animais.

Assim, o presente trabalho respeitou os princípios da ética na pesquisa científica, garantindo o devido reconhecimento das obras consultadas, conforme as normas de citação e referência da ABNT. A fidedignidade das informações foi assegurada pela utilização de fontes atualizadas, oficiais e revisadas por pares. Essa abordagem metodológica possibilita uma visão abrangente e fundamentada do desenvolvimento das forrageiras no contexto dos sistemas silvopastoris, contribuindo para o avanço do conhecimento técnico-científico na área.

Após a definição das bases de acervos para pesquisa (tais quais também podem ser nomeados como sites indexadores de conteúdos científicos virtuais), foram definidas quais as palavras-chave que seriam utilizadas para identificação e busca de artigos científicos. Assim, utilizaram-se as seguintes palavras-chaves: “sistema silvopastoril”,

“forrageiras tropicais”, “integração lavoura-pecuária-floresta”, “sombreamento de gramíneas” e “adaptação de forrageiras”.

Foram encontradas um total de 189 obras, 79 foram selecionadas pelo título e pela temporalidade. Após, leu-se o resumo de todas elas, o que possibilitou a separação de 48 obras que contribuíram significativamente para escrita desse artigo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Síntese da produção de biomassa

O conjunto dos estudos revisados confirma que níveis moderados de sombreamento (até 40 %) raramente reduzem a produção total de matéria seca das gramíneas tropicais; ao contrário, podem favorecer maior uniformidade de crescimento ao longo do ano, sobretudo em *Urochloa decumbens* e *Brachiaria brizantha* (CASTRO *et al.*, 1999; PACIULLO *et al.*, 2011). Em arranjos arbóreos que mantêm transmissividade luminosa próxima de 50 %, o acúmulo anual de biomassa ultrapassa 4 t ha⁻¹, patamar semelhante ao obtido em pastagens a pleno sol (GOMES *et al.*, 2007).

5.2 Influência do espaçamento e densidade de árvores

Meta-análise envolvendo 120 comparações demonstrou que densidades inferiores a 100 árv. ha⁻¹, com espaçamento entre renques acima de 28 m, preservam o acúmulo de forragem e ainda elevam o ganho de peso por área (GHA) em até 12 % (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Configurações mais adensadas (> 300 árv. ha⁻¹) reduzem severamente a interceptação luminosa e, portanto, a produtividade de biomassa, corroborando resultados de campo obtidos para *B. brizantha* consorciada a eucalipto (GOMES *et al.*, 2007).

5.3 Qualidade nutricional sob sombreamento

A literatura converge ao indicar incremento substancial na qualidade da forragem em condições de luz difusa. Sombreamentos de 30 – 45 % elevam o teor de proteína bruta em até 20 % e reduz a lignificação foliar, o que melhora a digestibilidade *in vitro* (CASTRO *et al.*, 2009). Ensaio recentes mostram que, sob 25–45 % de sombra e adubação de 100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, o capim-Marandu mantém altos níveis de digestibilidade sem queda de produção (ASSUNÇÃO, 2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de conclusão de curso demonstra que os sistemas silvopastoris constituem alternativa estratégica para a intensificação pecuária com base em princípios de sustentabilidade. A integração de árvores, pastagens e animais comprovou potencial para elevar a eficiência produtiva e mitigar impactos ambientais, sobretudo, pela maior capacidade de sequestro de carbono em comparação com pastagens convencionais. Além disso, a adoção do modelo integrado corrobora as metas nacionais de redução de emissões e de recuperação de áreas degradadas, reforçando a relevância socioambiental do tema.

Os resultados compilados evidenciam que o sombreamento moderado – entre 30 % e 50 % de redução da irradiância – não apenas mantém, mas pode melhorar a qualidade nutricional das forrageiras, desde que sejam usados as cultivares adaptadas e manejos adequados de adubação e poda do dossel arbóreo. Tal conclusão se apoia em achados experimentais que mostram incremento de proteína bruta e melhor relação folha/colmo em *Urochloa decumbens* sob 39 % de sombra, além de ajustes fisiológicos.

Do ponto de vista operacional, práticas como o espaçamento entre renques de 10 a 20 m, adubação nitrogenada moderada ($\approx 100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e podas periódicas das copas mostraram-se decisivas para equilibrar a competição por recursos e otimizar a produção conjunta de madeira e forragem. Tais diretrizes oferecem aos produtores um roteiro técnico consistente, reduzindo riscos de perda de biomassa por sombreamento excessivo ou sobrepastejo localizado.

Apesar dos avanços, persistem lacunas sobre a dinâmica da água no solo, interações alelopáticas específicas e indicadores de bem-estar animal em diferentes arranjos. Pesquisas de longo prazo que integrem sensores remotos e modelagem – como os algoritmos de aprendizado de máquina calibrados poderão refinar o zoneamento e o manejo dos sistemas.

Ademais, abordagens participativas com produtores são recomendadas para traduzir conhecimento científico em tecnologias socialmente aceitas.

Em síntese, este trabalho confirma a hipótese de que o desempenho das forrageiras em sistemas silvopastoris se sustenta na sinergia entre fatores ecológicos, manejo adaptativo e escolha adequada de espécies.

Contudo, espera-se que as conclusões aqui apresentadas sirvam de base para políticas públicas, extensões rurais e novas investigações que fortaleçam a pecuária tropical sustentável.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G.; SOUSA, L. F.; PRIMAVESI, O. *et al.* **Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos, fundamentos e exemplos.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015.
- ANDRADE, C. M. S.; VALLE, C. B. do; EUCLIDES, V. P. B. **Sistemas integrados de produção agropecuária: uma alternativa sustentável.** Embrapa Gado de Corte, 2005.
- ANJOS, A. J.; CHAVES, C. S. Características do componente forrageiro em sistemas silvipastoris. **Sci. Elec. Arch.**, v. 13, n. 3, p. 53-64, mar., 2021.
- ASSUNÇÃO, S. A. **Caracterização química e funcional da matéria orgânica do solo e frações e formas de fósforo em diferentes sistemas de uso do solo.** 2020. 60. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.
- AZEVEDO, H. C. *et al.* Alelopatia em sistemas agroflorestais: potencialidades e desafios. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p. 65–74, 2015.
- BERNARDES, L. F. S. **Semeadura de capim braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto.** 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.
- BEZERRA, F. O.; SOUSA, R. F.; OLIVEIRA, T. K. S. de. Dinâmica da biodiversidade em sistemas silvipastoris no semiárido brasileiro. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 895–904, 2010.
- CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; SOUZA, E. D. de. Integração lavoura-pecuária: uma estratégia para intensificação sustentável da agricultura brasileira. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 197–205, 2010.
- CASTRO, C. R. T. de; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A.; CABRAL, L. S. **Valor nutritivo de forrageiras em sistemas silvipastoris.** Embrapa Gado de Corte, 2010.
- CASTRO, C. R. T. *et al.* Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvopastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19-26, 2009.
- COBUCCI, T.; PORTELA, C. M. de O. **Manejo de herbicidas no Sistema Santa Fé e na braquiária como fonte de cobertura morta.** In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (org.). Integração Lavoura-Pecuária. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2003. p. 443-458.

CONGIO, G.F.S.; BANNINK, A.; MOGOLLÓN, O.L.M. Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, n. 20, 2020.

GANADERO. **Qué tipos de podas debe realizar en su sistema silvopastoril.**

12 jan. 2024. Disponível em: Acesso em: 30 jun. 2025.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

DIAS, M.B.C.; COSTA, K.A.P.; SEVERIANO, E.C.; BILEGO, U.O.; VILELA, L.; SOUZA, W.F.; SILVA, A.C.G. Cattle performance with *Brachiaria* and *Panicum maximum* forages in an integrated crop-livestock system. **Afr. J. Range Forage Sci.**, v. 39, 230-243, 2021.

EDWARDS-CALLAWAY, L. N.; CRAMER, M. C.; CADARET, C. N.; BIGLER, E. J.; ENGLE, T. E.; WAGNER, J. J.; CLARK, D. L. Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. **Journal of animal science**, v. 99, n., 2, 2021.

ELEVAGRO. **Iniciando a safrinha de soja 2023.** 2023. Disponível em: <https://elevagro.com/iniciando-a-safrinha-de-soja-2023/>. Acesso em 05 ago. 2025.

EUCLIDES, V. P. B. *et al.* Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. e *Brachiaria* spp. sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1320–1328, 2010.

FAGUNDES, J. L.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MISTURA, C.; GOMIDE, C. A. de M.; QUEIROZ, D. S. de. Características agronômicas de leguminosas herbáceas perenes consorciadas com capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1029–1037, 2005.

FERRAZ, A. L.; MARTINS, M. A.; MONTEIRO, A. C. Estrutura e estabilidade de agregados do solo em sistemas silvipastoris. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 515–523, 2014.

FERREIRA, A. D.; PIRES, M. F. A.; MARTINS, C. E. **Manejo de sistemas silvipastoris em regiões tropicais: aspectos ecológicos e produtivos.** Embrapa Gado de Leite, 2015.

FIALHO, F. B.; SILVA, R. G. da; MAIA, A. S. C. Temperatura de superfície corporal e escore de conforto térmico de bovinos em sistemas silvipastoris. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 449–457, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- GOMES, F. H. *et al.* Produção de *Brachiaria brizantha* em consórcio com eucalipto. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 463-470, 2007.
- GOMES, M. P. M.; ASSIS, G. M. L.; SILVA, D. S. da; VERDIAL, M. F. Tolerância ao déficit hídrico de gramíneas forrageiras utilizadas em sistemas integrados. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 340–346, 2012.
- KAY, B. D. *et al.* Soil organic carbon, physical properties, and root distribution under silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, v. 93, p. 1071–1082, 2019.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (org.). Integração Lavoura-Pecuária. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2003.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LOPES, M.M.; OLIVEIRA, A.S.; ALMEIDA, L.H.A; SANTOS, M.D.P.; SOARES, W. N.; PIRES, A.J.V. Aditivos químicos na ensilagem – ureia e NH₃. *Essentia (Sobral)*, v. 25, n. 2, p. 1-16, 2024.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária-floresta: o estado da arte e desafios para o desenvolvimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133–146, 2009.
- MARTINS, A. P.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F. de. Estoques de carbono e qualidade do solo em sistemas silvipastoris e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1141–1149, 2016.
- MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C. *et al.* Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil: uma década de experiências. **Revista Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 1011–1018, 2014.
- MOURA, M. S. B. *et al.* **Cobertura morta na redução da evapotranspiração da palma forrageira irrigada**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2017.
- NUNES, D. F.; LIMA, L. A.; SOUSA, L. F. de. Sistema silvipastoril como alternativa econômica e ambientalmente sustentável. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 1, p. 60–69, 2017.
- OLIVEIRA, A.; MENEZES, G.; GONÇALVES, L. C.; ARAÚJO, V. E. Pasture traits and cattle performance in silvopastoral systems with *Eucalyptus* and *Urochloa*: systematic review and meta-analysis. **Livestock Science**, v. 262, 104973, 2022.

- OLIVEIRA, T. K. S.; BEZERRA, F. O.; COSTA, C. T. Estoques de carbono em diferentes sistemas de uso da terra no semiárido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–12, 2017.
- PACHECO, T. V. S. S. **Adubação fosfatada na implantação de sistema silvopastoril com eucalipto e capim-Mombaça em Neossolo Quartzarênico no ecótono Amazônia/Cerrado**. 2019. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2019.
- PACIULLO, D. S. C. *et al.* Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvopastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1399-1411, 2011.
- PACIULLO, D. S. C. *et al.* Influência do sombreamento e das estações do ano sobre a produção e o valor nutritivo de pastagens de capim-braquiária em sistemas silvipastoris. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 435–442, 2009.
- RIBEIRO FILHO, R. B. *et al.* Avaliação de atributos químicos dos solos: definição de zonas de manejo em sistema silvopastoril. **Revista Ambiente & Água**, v. 19, e2957, 2024.
- RIBEIRO, P. R. *et al.* Distance from tree legumes in silvopastoral systems modifies the litter in grass-composed pastures. **The Journal of Agricultural Science**, v. 163, n. 4, p. 650-662, 2024.
- SANTOS, C. A. dos *et al.* Influence of shade on productivity and nutritional value of *Urochloa decumbens* in silvopastoral systems using different spatial arrangements of eucalyptus cultivars. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 11, n. 2, p. 169-182, 2023.
- SANTOS NETO, C.; MARANHÃO, S. R.; CAVALCANTE, A.C.R; SILVA, R.G. Shading effect and forage production of tropical grasses in Brazilian semi-arid silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, n. 97, vo. 6, p. 1-11, 2023.
- SILVA, V. P. **A iLPF na década de 2020**. 2020. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/9-ilpf-na-decada-de-2020/>. Acesso em 05 ago. 2025.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- SOUZA, R. F. *et al.* Potencial produtivo de gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes níveis de sombreamento. **Archivos de Zootecnia**, v. 69, n. 265, p. 38-44, 2020.

THIENGO, C. C. *et al.* Bio-inputs promoting marandu grass growth: productivity, physiological response and nitrogen accumulation. **Australian Journal of Crop Science**, v. 17, n. 5, p. 423-430, 2023.

VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. de. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 61, p. 819–832, 2014.